Agricultural Sciences:
Knowledge and Diffusion of Technology
Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Deucleiton Jardim Amorim
Luiz Alberto Melo de Souza
(Organizadores)
Atena Editora
Ano 2022

Agricultural Sciences:
Knowledge and Diffusion of Technology
Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Deucleiton Jardim Amorim
Luiz Alberto Melo de Souza
(Organizadores)
Atena
Editora
Ano 2022

Agricultural sciences: knowledge and diffusion of technology

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Deucleiton Jardim Amorim
Luiz Alberto Melo de Sousa

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A278 Agricultural sciences: knowledge and diffusion of technology / Organizadores Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos, Deucleiton Jardim Amorim, Luiz Alberto Melo de Sousa. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5983-927-8
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.278221802

1. Agricultural. I. Silva-Matos, Raissa Rachel Salustriano da (Organizadora). II. Amorim, Deucleiton Jardim (Organizador). III. Sousa, Luiz Alberto Melo de (Organizador). IV. Título.

CDD 338.1

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access, desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce,* ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

As ciências agrárias nas últimas décadas têm surpreendido o mundo, pelo rápido avanço das tecnologias, desde o plantio a pós-colheita. Este avanço é fruto do trabalho de pesquisadores, instituições públicas e privadas, pois estão atentos a crescente demanda por alimentos, decorrente do aumento populacional.

Nos dias atuais, em que se dispõe de muitas facilidades para acessar informações com celeridade, certa acomodação se tornou inevitável, isso inclui os profissionais das ciências agrárias. Com frequência, utilizam-se hoje subsídios obtidos com rapidez nas mídias, em particular na digital, que o interessado se vê fortemente induzido a pô-los em prática com agilidade e precisão.

A obra intitulada “Agricultural Sciences: Knowledge and Diffusion of Technology” afigura-se, portanto, diante de tal quadro, a iniciativa de organização de textos, detalhando de forma organizada e simples as aplicações tecnológicas dentro da agricultura e todo o conhecimento disponível.

A partir do conteúdo presente nesta obra desejamos aos leitores uma leitura crítica, no melhor sentido, para agregar com novas ideias sobre a temática. Prezados (as) ótima leitura.

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Deucleiton Jardim Amorim
Luiz Alberto Melo de Sousa

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

AÇÃO ALELOPÁTICA E CITOTÓXICA DE *MAYTENUS ILICIFOLIA* MART. EX REISSEK, CELASTRACEAE

Data de aceite: 01/02/2022
Data de submissão: 10/12/2021

Sérgio Alessandro Machado Souza
Universidade do Estado de Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado (UNEMAT), Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos (PPGBioAgro) e Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas (PGMP)
Alta Floresta, Mato Grosso
https://orcid.org/0000-0001-5582-7329

Kellen Coutinho Martins
Universidade do Estado de Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado (UNEMAT), Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias, Curso de Ciências Biológicas
Alta Floresta, Mato Grosso
https://orcid.org/0000-0003-3470-3380

RESUMO: O monitoramento de fitoquímicos com propriedades potencialmente tóxicas pode ser avaliado por alterações fisiológicas e celulares do organismo-teste exposto. O presente estudo teve como objetivo avaliar o potencial alelopático e citotóxico do extrato aquoso de espinheira-santa (*Maytenus ilicifolia*) sobre sementes de alface e de cebola. Os bioensaios foram conduzidos em germinador (20ºC), com extrato aquoso nas concentrações de 5, 10, 20 e 40 mg/mL, obtido por infusão de folhas secas, e água destilada (controle). Os testes de germinação, primeira contagem e índice de velocidade de germinação, que avaliam efeito alelopático, foram feitos com quatro repetições de 100 sementes/concentração/bioensaio. Para determinação da citotoxicidade, através do índice mitótico, foram contadas, pela técnica de varredura, 2000 células/concentração/bioensaio. As células de meristema radicular de cebola, quando expostas ao extrato aquoso de folhas de *M. ilicifolia* na concentração de 40 mg/mL, apresentaram alterações cromossômicas, sugerindo um potencial genotóxico. Conclui-se que o extrato aquoso de espinheira-santa apresenta efeito alelopático sobre sementes de alface (que pode ser explicado pela presença de saponinas, taninos e flavonas) e também efeito citotóxico sobre sementes de alface e de cebola.
PALAVRAS-CHAVE: Alelopatia, divisão celular, fitotoxicidade, genotoxicidade.

ALLELOPATHIC AND CYTOTOXIC ACTION OF *MAYTENUS ILICIFOLIA* MART. EX REISSEK, CELASTRACEAE

ABSTRACT: The monitoring of phytochemicals with potentially toxic properties can be evaluated through alterations, at physiological and cellular levels, of the exposed test organism. The present study aimed to evaluate the allelopathic and cytotoxic activity of the aqueous extract of *Maytenus ilicifolia* on lettuce and onions seeds. Bioassays were carried out in a germinator at 20°C with aqueous extracts in concentrations of 5, 10, 20 and 40 mg/mL, obtained through the infusion of dried leaves and distilled water (control). The germination tests, first score and germination speed rate that evaluate the allelopathic effect

were done with four repetitions of 100 seeds/concentration/bioassay. For the determination of the degree of cytotoxicity, through the mitotic index, 2000 cells/concentration/bioassay werescored by means of the scan technique. Onion root meristematic cells when exposed to *M. ilicifolia* leaf aqueous extract at a concentration of 40 mg/mL, showed chromossomal alteration, suggesting the existence of a genotoxic potential. The aqueous extract of *M. ilicifolia* displayed an allelopathic effect on lettuce seeds (which can be explained by the presence of saponins, tannins and flavones) as well as a cytotoxic effect on lettuce and onion seeds.
KEYWORDS: Allelopathy, cell division, phytotoxicity, genotoxicity.

1 I INTRODUÇÃO

O termo alelopatia foi criado em 1937 pelo pesquisador alemão Hans Molisch, com a reunião das palavras gregas alléton (mútuo) e pathos (prejuízo), referindo-se à capacidade que as plantas têm de interferir na germinação de sementes e no desenvolvimento de outras, por meio de substâncias que essas liberam na atmosfera ou quase sempre, no solo (Medeiros, 1990). Esse efeito é realizado por biomoléculas, denominadas aleloquímicos, produzidas e lançadas por plantas como substâncias gasosas volatilizadas no ar que as cercam (Ferreira e Aquila, 2000).

As substâncias alelopáticas são produtos intermediários ou finais do metabolismo secundário (Rodrigues e Lopes, 2001). Constituem também uma forma de comunicação, pois permitem às plantas distinção entre os organismos que lhes são prejudiciais, benéficos ou, até mesmo, indiferentes (Almeida, 1993). Segundo Ferreira e Aquila (2000), os compostos alelo-químicos foram de extrema importância à evolução vegetal, pois ofereceram alguma vantagem contra a ação de microrganismos, vírus, insetos e outros patógenos ou predadores, inibindo ou estimulando a ação e o crescimento destes, bem como o desenvolvimento das plantas.

Há, aproximadamente, 10 mil produtos químicos conhecidos como alelopáticos, pertencentes a vários grupos de substâncias (Rodrigues e Lopes, 2001). As substâncias químicas mais comuns causadoras de efeitos alelopáticos pertencem aos grupos dos ácidos fenólicos, cumarinas, terpenóides, flavonóides, alcalóides, glicosídeos, cianogênicos, derivados do ácido benzóico, taninos e quinonas complexas (Medeiros,1990).

Os compostos químicos, muitas vezes considerados como alelopáticos, são utilizados na medicina popular para a cura de doenças. A preparação e o uso apropriados desses compostos trazem muitos benefícios, porém, seus efeitos genotóxicos e mutagênicos necessitam de maiores investigações (Nunes e Araujo,2003). Atualmente, a maioria das pesquisas em alelopatia refere-se ao efeito aleloquímico sobre a germinação e o crescimento da planta-teste, não considerando os efeitos celulares relacionados às suas mudanças fisiológicas (Prates et al.,2001).

A citotoxicidade e a genotoxicidade de substâncias podem ser avaliadas, respectivamente, através de alterações no processo de divisão celular sobre o organismo-

teste e pela incidência de mutações cromossômicas, como quebras cromatídicas, pontes anafásicas, perda de cromossomos inteiros ou formação de micronúcleos (Souza et al., 2005).

Segundo Chou e Kuo (1986), a fitotoxicidadede extratos vegetais sobre outras plantas é atribuída à variabilidade de aleloquímicos presentes em sua composição, originados do metabolismo secundário dos vegetais.

A espinheira-santa (*Maytenus ilicifolia* Mart.ex Reiss.), pertencente à família Celastraceae, é uma espécie perene, de porte arbóreo-arbustivo sendo encontrada nativa na região sul do Brasil, no interior de matas nativas e ciliares, onde os solos são ricos em matéria orgânica (Magalhães, 2002).

O interesse medicinal mais comum pela espinheira-santa é para o tratamento de gastrites e úlceras gástricas e duodenais (Lorenzi, 2002). Faleiros (1992), quando estudou frações hexânicas de espinheira-santa, evidenciou que os compostos presentes em grande quantidade são triterpernos como a friedelina e o friedelanol, sendo esses os responsáveis pelo efeito anti ulcerogênico.

Para a constatação do efeito alelopático e citotóxico de substâncias, o procedimento inicial consiste na técnica do bioensaio, que emprega material biológico como indicador da ação da substância em estudo (Pires et al.,2001). A resistência ou tolerância aos compostos químicos que podem atuar desencadeando efeitos alelopáticos ou citotóxicos é mais ou menos específica, existindo espécies mais sensíveis que outras, como, por exemplo, a alface (*Lactuca sativa* L.) (Ferreira e Aquila, 2000).

Visto que as sementes são excelentes organismos para bioensaios, pois quando são reidratadas entramem processo de germinação, sofrendo rápidas mudanças fisiológicas e tornando-se altamente sensíveis ao estresse ambiental, o presente estudo teve como objetivo avaliar o potencial alelopático e citotóxico do extrato aquoso de espinheira-santa sobre sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) e de cebola (*Allium cepa* L.).

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Para a obtenção dos extratos aquosos foram utilizadas folhas secas de espinheira-santa, que foram pesadas em balança de precisão e colocadas em erlenmeyer (500mL). Após, foi adicionada água destilada à temperatura de 100°C nos recipientes, os quais foram hermeticamente fechados e deixados em repouso por 10 minutos. Após filtragem, o extrato aquoso obtido foi diluído de modo a obter-se quatro concentrações do extrato vegetal (5, 10, 20 e 40 mg/mL).

Os organismos-testes utilizados foram sementes de alface cultivar Rainha de Maio e de cebola cultivar Baia Periforme Precoce, sendo que as sementes de alface foram submetidas a resfriamento de 4°C por 72h para superação da dormência. Os bioensaios foram realizados em câmara de germinação com temperatura controlada de 20°C.

As sementes de alface e cebola foram acondicionadas em caixas gerbox (11 x 11 cm) forradas com papel mata-borrão umedecido com 10mL do extrato, de cada uma das quatro concentrações. Foi utilizado também um tratamento controle, equivalente à concentração zero do extrato, onde o papel mata-borrão foi umedecido com água destilada. Foram utilizadas quatro repetições de 100 sementes para cada uma das cinco concentrações do extrato, totalizando 20 caixas gerbox por bioensaio.

Para o teste de primeira contagem, a avaliação foi realizada aos quatro dias para a alface e aos seis dias para a cebola; para o teste de germinação ou germinabilidade, a contagem foi aos sete dias para alface e aos doze para a cebola; e para o índice de velocidade de germinação foram realizadas contagens diárias, segundo as regras para análise de sementes (Brasil, 1992).

Para a determinação do índice mitótico foi empregada a técnica de esmagamento (Guerra e Souza,2002). Foram coletadas as radículas dos organismos-testes e fixadas em Carnoy (3:1, etanol: ácido acético) por um período de 24 h à temperatura ambiente e, após, acondicionadas em freezer. A preparação do material para posterior análise do índice mitótico foi realizada na seguinte ordem: água destilada por 5 minutos; HCl 5N por 15 minutos à temperatura ambiente; água destilada por 5 minutos. Após, as radículas foram transferidas para lâmina onde em microscópio esteroscópico foi retirada a coifa para a obtenção do meristema apical, adicionada orceína acética 2%, colocada uma lamínula sobre o material esmagado. As lâminas das células de alface e de cebola foram observadas em microscópio óptico a uma magnitude de 400x.

Foram contabilizadas, em teste cego, através da técnica de varredura, 2000 células por tratamento para cada bioensaio. O índice mitótico foi obtido dividindo-se o número de células em mitose pelo número total de células observado e multiplicando-se por 100.

Para a caracterização dos fitoquímicos, de forma qualitativa, o extrato foi preparado separadamente. Pó das folhas secas, na concentração de 5% (p/v), foi mantido em banho-maria fervente por 15 minutos. Após esse período, seguiu-se o resfriamento e a filtragem do extrato. Foram escolhidos apenas três grupos de metabólitos secundários, as saponinas, os taninos e os flavonóides, por serem solúveis em água. Para a realização de cada teste, foi colocada uma pequena quantidade dos extratos (5 mL) em tubos de ensaio, de acordo com a seguinte metodologia (Silva, 2004):

a)Saponinas – para detectar a presença destas moléculas, foi empregado o teste de formação e persistência de espuma estável na presença de ácidos minerais diluídos. Os extratos nos tubos seguiram as seguintes operações: agitação enérgica por 10 segundos (para cima e para baixo, com vigor), tapando-se o tubo com dedo-protegido; medição da altura do anel formado, logo após a agitação, 10 minutos depois da agitação e após a adição de ácido clorídrico10%.

b)Taninos – foi empregada a reação de precipitação com gelatina para a detecção destes metabólitos secundários, não sendo realizadas, contudo, diferenciações

entre os taninos condensados e os hidrolisáveis. Foram adicionadas ao extrato três gotas de gelatina 1%. Na presença de taninos, a gelatina precipita, tornando a solução turva.

c)Flavonóides – neste teste foi empregada à reação com cianidina. Adicionou-se ao extrato 5 mL de metanol e 1 mL de HCl concentrado, observando-se a coloração formada. Após, colocou-se 100 mg de magnésio em pó. O desenvolvimento de coloração avermelhada indica a presença predominante de flavonóis e a coloração laranja, a de flavonas.

O delineamento experimental foi completamente casualizado, com quatro repetições, e os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial 2 x 5, sendo os fatores Bioensaio (Alface e Cebola) e Concentração (0, 5, 10, 20 e 40 mg/mL). As variáveis analisadas foram: primeira contagem, germinação, índice de velocidade de germinação e índice mitótico. A unidade experimental consistiu de uma caixa gerbox com 100 sementes, para as variáveis primeira contagem, germinação e índice de velocidade de germinação, e uma lâmina onde foram observadas 500 células (totalizando 2000 células em quatro lâminas) para a variável índice mitótico. As variáveis, primeira contagem, germinação e índice mitótico foram transformadas segundo arco seno de 100x. As análises estatísticas consistiram de análise da variação e regressão polinomial para a decomposição da variação atribuível ao fator concentração. Na regressão, além da significância dos efeitos dos componentes polinomiais ($p < 0,05$), foi utilizado o coeficiente de determinação (R^2) como critério adicional para escolha do modelo. Essas análises foram executadas pelo programa WinStat – Sistema de Análise Estatística para Windows – Versão Beta (Machado e Conceição, 2005).

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises de variação, procedidas para as variáveis primeira contagem, germinação, índice de velocidade de germinação e índice mitótico, estão sumariados na tabela 1. Verifica-se que o efeito principal de Bioensaio e a interação Bioensaio x Concentração foram significativos para todas as variáveis. A significância da interação justificou o estudo do efeito simples do fator Concentração, que é o de maior interesse, dentro de cada nível do fator Bioensaio, o qual foi realizado por meio de análise de regressão polinomial.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio			
		PC	GE	IVG	IM
Bioensaio	1	7582,70^{ns}	11123,55^{ns}	30656,70^{ns}	1074,18^{ns}
Concentração	4	669,2**	371,4**	978,1**	311,0**
Bioensaio x Concentração	4	932,2**	403,4**	913,3**	79,05**
Resíduo	30	35,7	42,4	71,6	7,70
Média	-	52,81	60,88	39,45	25,32
CV(%)	-	11,31	10,70	21,45	10,96

^{ns} não significativo ao nível de 1% de significância pelo teste F. * significativo ao nível de 1% de significância pelo teste F. GL corresponde ao grau de liberdade.

Tabela 1. Resumo da análise de variância (ANOVA) para as variáveis primeira contagem (PC), germinação (GE), índice de velocidade de germinação (IVG) e índice mitótico (IM).

Para o bioensaio alface, as curvas de regressão, apresentadas na figura 1, mostram que o modelo de grau dois (quadrático) foi o que melhor representou a relação entre a concentração do extrato de espinheira-santa e cada uma das variáveis analisadas.

Em relação às variáveis primeira contagem, germinação e índice de velocidade de germinação, os valores cresceram até concentrações ao redor de 10mg/mL. Isto indica que os constituintes presentes no extrato aquoso de espinheira-santa, até essa concentração, não foram fitotóxicos para as sementes de alface (Figura 1A, 2B e 1C). Segundo Rice (1984), alguns compostos têm atividade alelopática inibitória em altas concentrações, mas, em menores, podem não estimular o mesmo processo.

O extrato de espinheira-santa teve efeito citotóxico sobre as células de meristemas radiculares da alface, o que pode ser observado na curva de regressão que exibe a redução do índice mitótico com o aumento da concentração do extrato (Figura 1D). Górnick et al. (1997) verificaram que a germinação de sementes de repolho (*Brassica oleracea* L.) não estava relacionada com a taxa de divisão celular, visto que as sementes germinavam na presença de inibidores mitóticos.

Para o bioensaio cebola, verificou-se que o extrato de espinheira-santa não teve efeito significativo sobre as variáveis primeira contagem, germinação e índice de velocidade de germinação. Com relação ao índice mitótico, o modelo que melhor explicou o efeito do extrato sobre esta variável foi o de grau dois (quadrático), cuja curva de regressão é apresentada na figura 2. Observa-se que os valores do índice mitótico decresceram até concentração próxima de 30 mg/mL.
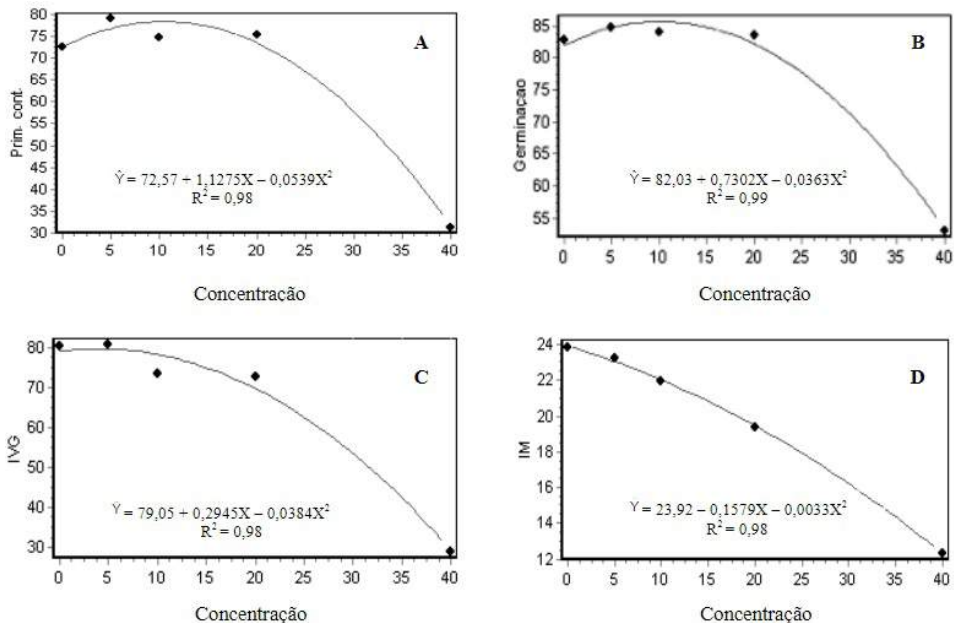
Figura 1. Gráficos das curvas ajustadas e das médias observadas para as variáveis primeira contagem (A), germinação (B), índice de velocidade de germinação (IVG) (C) e índice mitótico (IM) (D) para sementes de alface tratadas com diferentes concentrações do extrato aquoso de espinheira-santa (*M. ilicifolia*).

Além do efeito citotóxico, uma análise qualitativa sugeriu um possível efeito genotóxico do extrato de espinheira-santa, uma vez que o extrato na concentração de 40 mg/mL provocou alterações cromossômicas como pontes anafásicas (Figura 3). Teixeira e Vicentini. (1997), através de ensaio biológico, também verificaram a potencialidade genotóxica de *Maytenus ilicifolia* sobre os discos imaginais de *Drosophila melanogaster.*

Camparato et al. (2002), em análises de células meristemáticas de bulbos de cebola (*Allium cepa* L.), verificaram que concentrações mais elevadas de extrato de espinheira-santa e de pata-de-vaca (*Bauhinia candicans* Benth.) promoveram redução no índice mitótico, mas não o surgimento de alterações cromossômicas.
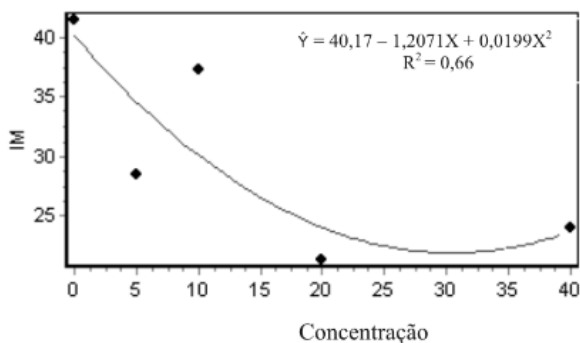
Figura 2. Gráfico da curva ajustada e das médias observadas para a variável índice mitótico (IM) em sementes de cebola tratadas com diferentes concentrações do extrato aquoso de espinheira-santa (*M. ilicifolia*).

A análise qualitativa dos fitoquímicos mostrou quea espinheira-santa contém em suas folhas saponinas, taninos e flavonas. Rice (1984) relata que os fitoquí-micos podem ser encontrados em todos os órgãos vegetais: caules, folhas, raízes, flores e inflorescências, frutos e sementes. Entretanto, a grande maioria dos pesquisadores tem utilizado folhas como principal fonte dessas substâncias. De acordo com Silva (2004), as saponinas, que são terpenóides glicosados, são substâncias envolvidas diretamente em efeitos alelopáticos. Os taninos possuem a propriedade de se ligar a proteínas, formando precipitados irreversíveis, atuando como inibidores de bactérias nitrificadoras, o que pode acarretar efeitos alelopáticos diretos no solo (Rice,1984). As flavonas, segundo Rice (1992), apresentam efeitos alelopáticos em altas concentrações, sendo capazes de inibir o crescimento de plantas e fungos.
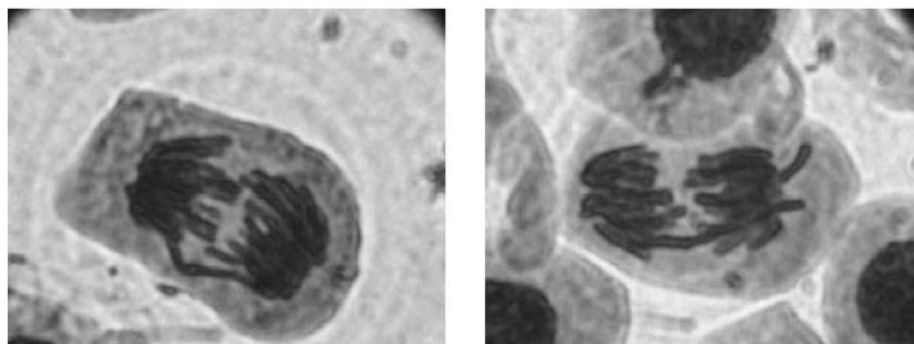
Figura 3. Células meristemáticas de cebola, apresentando pontes anafásicas, na concentração de 40 mg/mL do extrato aquoso de espinheira-santa (*M. ilicifolia*) (aumento de 400x).

4 I CONCLUSÕES

O extrato aquoso de *M. ilicifolia* apresenta efeito alelopático sobre sementes de alface e efeito citotóxico sobre sementes de alface e de cebola.

O potencial alelopático das folhas de *M.ilicifolia* pode ser explicado pela presença de saponinas, taninos e flavonas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F.S. A alelopatia e as plantas. **IAPAR Circular**, v.55, 62p, 1993.2.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Divisão de Laboratório Vegetal. **Regras para análise de sementes**. Brasília. 1992. 365p.

CAMPARATTO, M.L.; TEIXEIRA, R.O.; MONTOVANI, M.S.: VICENTINI, V.E. Effects of *Maytenus ilicifolia* Mart. Ex Reiss. and *Bauhinia candicans* Benth. infusions on onion root-tip and rat bone-marrow cells. **Genetics and Molecular Biology**, v.1, n.25, p.85-89, 2002.

CHOU, C.H.; KUO, Y.L. Allelopathic exclusion of understoryby *Leucaena leucocephala* (Lam.). **Journal of Chemical Ecology**, v.12, n.1, p.1434-1448, 1986.

FALEIROS, I.C.F. Efeito antiulcerogênico de frações hexânicas das folhas de *Maytenus ilicifolia* (Espinheira-santa). In: Simpósio de Plantas Medicinais do Brasil, XII, Curitiba-PR,1992. **Anais do XII Simpósio de Plantas Medicinais do Brasil**.p.42.

FERREIRA, A.G.; AQUILA, M.E.A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia vegetal. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.12, n.1, p.175-204. 2000.

GÓRNIK, K.; DE CASTRO, R.D.; LIU, Y.; BINO, R.J.; GROOT, S.P.C. Inhibition of cell division during cabbage (*Brassica oleracea* L.) seed germination, **Seed Science Research**, v.7, p.485-492. 1997.

GUERRA, M.; SOUZA, M.J. **Como Observar Cromossomos:um guia de técnica em citogenética vegetal, animal e humana**. São Paulo: Funpec, 2002. 131p.

LORENZI, H**. Plantas Medicinais no Brasil**, São Paulo: Plantarum, 2002. 512p.

MACHADO, A.A.; CONCEIÇÃO, A.R. **WinStat – Sistema de Análise Estatística para Windows. Versão Beta. Universidade Federal de Pelotas, 2005.**

MAGALHÃES, P.M. **Agrotecnologia para o cultivo deespinheira-sant**a. Campinas: CPQBA-UNICAMP. Campinas:RZM, 2002. 12p.

MEDEIROS, A.R.M. **Alelopatia: importância e suas aplicações**. Horti Sul. v.1.n.3. p.27-32,1990.

NUNES, A.P.M.; ARAUJO, A.C. Ausência de genotoxicidade do esteviosídeo em *E. coli.* In. Semana de Iniciação Cientifica da UERJ, 2003, Rio de Janeiro, **Anais da X Semana de Iniciação Cientifica da UERJ**, 2003. p.15.

PIRES, N.M.; PRATES, H.T.; PEREIRA, I.A.; OLIVEIRA, R.S.; FARIA, T.C.L. Atividade alelopática da leucena sobre espécies de plantas daninhas. **Scientia Agrícola.** v.58, n.1, p. 61-65, 2001.

PRATES, H.T.; PAES, J.M.V.; PIRES, N.M.; PEREIRA, I.A.; MAGALHÃES, P.C. Efeito do extrato aquoso de leucena na germinação e no desenvolvimento do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.1, p.909-914, 2001.

RICE, E.L. **Allelopathy**. 2ed, New York: Academic Press,1984.

RICE, E.L. **Allelopathic effectson nitrogen cycling. Allelopathy: basic and applied aspect**. London: Chapman &Hall. 1992.

RODRIGUES, F.C.M.P.; LOPES, B.M. Potencial Alelopático de *Mimosa* caesalpinaefolia Benth sobre sementes de *Tabebuia alba* (Cham.) Sandw. **Floresta e Ambiente**. v.8, n.1, p.130-136, 2001.

SILVA, F.M. **Verificação da eficácia dos bioensaios com extratos aquosos no diagnóstico de potencial alelopático: contribuição ao estudo de espécies nativas brasileiras**. Porto Alegre, 2004. 142p. Tese (Mestrado em Botânica) – UFRGS.

SOUZA, S.A.M.; STEIN, V.C.; CATTELAN, L.V.; BOBROWSKI, V.L.; ROCHA, B.H.G. Utilização de sementes de alface e de rúcula como ensaios biológicos para avaliação do efeito citotóxico e alelopático de extratos aquosos de plantas medicinais. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v.5, n.1, p.3-9, 2005.

TEIXEIRA, R.O.; VICENTINI, V.E.P. Estudo da mutagenicidade de plantas In. Congresso Brasileiro de Genética,43º, Ribeirão Preto-SP, 1997. **Anais do 43º Congresso Brasileiro de Genética**, 1997. p.115.

CAPÍTULO 2

ADAPTACIÓN AL AUMENTO DE PRECIPITACIONES INTENSAS EN EL ESTE DE PARAGUAY: EL ROL DE LA SIEMBRA DIRECTA Y LOS BOSQUES

Data de aceite: 01/02/2022
Data de submissão: 08/11/2021

Fiorella Oreggioni
Universidad Católica "Nuestra Señora de la Asunción"
Asunción, Paraguay
https://orcid.org/0000-0002-6612-7923

Norman Breuer
Universidad Católica "Nuestra Señora de la Asunción"
Asunción, Paraguay
https://orcid.org/0000-0002-7203-757X

Julián Báez Benítez
Universidad Católica "Nuestra Señora de la Asunción"
Asunción, Paraguay

RESUMEN: El aumento de la frecuencia e intensidad de los eventos extremos de precipitación se asocia a un aumento de la erosión del suelo. Paraguay es a la vez, uno de los mayores exportadores de soja del mundo, exportador de energía limpia y renovable, y proporcionalmente uno de los países de mayor cobertura del sistema de siembra directa. Todo esto tiene lugar en una zona que ha sufrido un gran cambio en el uso del suelo. Se utilizaron métodos mixtos, incluyendo encuestas con productores, análisis de series históricas de precipitación, y revisión de literatura y entrevistas sobre manejo de cultivos y conservación de bosques. Los resultados mostraron que los productores perciben un aumento de precipitaciones, pero no siempre en la época especifica en que lo indican los datos observados. Las precipitaciones vienen intensificándose en algunas estaciones climáticas y también de forma decenal. La siembra directa de calidad y la conservación y restauración de bosques tienen gran potencial para mitigar los efectos negativos de la erosión del suelo en la zona. Se requieren mayores estudios de monitoreo y modelaje para entender mejor los procesos mencionados.

PALABRAS CLAVE: Climatología, agricultura, eventos extremos, stakeholders.

ADAPTATION TO THE INCREASE OF INTENSE RAINFALL IN EASTERN PARAGUAY: THE ROLE OF NO-TILL FARMING AND FORESTS

ABSTRACT: The increase in the frequency and intensity of extreme precipitation events is associated with an increase in soil erosion. Paraguay is at the same time, one of the biggest soybean exporters in the world, an exporter of clean and renewable energy, and proportionally one of the countries with the greatest coverage of the direct seeding system. All this occurs in an area that has undergone a large-scale land use change over the past 40 years. We used a mixed methods approach, including surveys with producers, analysis of historical precipitation series, and literature review and interviews on crop management and forest conservation. The results showed that producers perceive an increase in rainfall, but not always in the specific seasons indicated by the observed data. Rainfall has been intensifying in the stations studied and

on a ten-year basis, in a statistically significant manner. Quality direct seeding or no-till planting and the conservation and restoration of forests along water courses have great potential to mitigate the negative effects of erosion in the area. Further monitoring and modeling studies are required to better understand the aforementioned.
KEYWORDS: Climate, agriculture, extreme events, stakeholders.

INTRODUCCIÓN

El aumento de la frecuencia e intensidad de los eventos extremos de precipitación produce degradación de los recursos naturales. Específicamente, el aumento de la intensidad de la precipitación se asocia a un aumento de la erosión del suelo (Mohamadi & Kavian, 2015;each with a different rainfall intensity variation were separated. The storm patterns were: (1 Fraser, Harrod, & Haygarth, 1999) lo cual reduce la calidad del suelo y, por consiguiente, la productividad agrícola (Verity & Anderson, 1990). Adicionalmente, la deposición de los sedimentos suspendidos en los cursos de agua ocasiona la reducción de la calidad del agua debido al aumento de la concentración de contaminantes y nutrientes (Issaka & Ashraf, 2017; Fraser et al., 1999).

La frecuencia e intensidad de las precipitaciones extremas ha aumentado desde la década de 1950 en la mayor parte de la superficie terrestre en donde los datos de observaciones son suficientes para el análisis de tendencia (Arias et al., 2021). Específicamente, en la región del Sureste de Sudamérica (SES) aumentos en la precipitación media y extrema se observan desde 1960 (confianza alta) (IPCC, 2021). Los principales causales de estos cambios son la variabilidad interna y forzantes externos como el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero y aerosoles (IPCC, 2021).

Asimismo, es muy probable que las precipitaciones intensas se intensifiquen y sean más frecuentes en la mayoría de las regiones con el calentamiento global adicional. A escala mundial, se prevé que las precipitaciones diarias extremas se intensifiquen en un 7% aproximadamente por cada 1°C de calentamiento global (confianza alta) (Arias et al., 2021). Para el SES, se esperan aumentos en la precipitación media (confianza alta) así como aumentos en la intensidad y frecuencia de eventos extremos de precipitación e inundaciones pluviales para los escenarios de aumentos de la temperatura media global de 2°C para arriba (confianza media) (IPCC, 2021).

Esta variabilidad climática observada y proyectada en la región, es uno de los principales factores de riesgo en la producción agrícola (Magrin et al., 2014; Fernandes, Soliman, Confalonieri, Donatelli, & Tubiello, 2012). El aumento de precipitaciones intensas podría conllevar a un aumento de la erosión, pérdida de la calidad del suelo y, consecuentemente, a la reducción de la productividad. Sin embargo, existen buenas prácticas agrícolas y de conservación que pueden implementarse para reducir la erosión del suelo, como ser la siembra directa y la conservación de bosques (Liu, Liu, Shi, López-Vicente, & Wu, 2020; Derpsch, Friedrich, Kassam, & Hongwen, 2010; Lal, Reicosky, &

Hanson, 2007).

La siembra directa se define comúnmente como la siembra de cultivos en un suelo previamente no preparado mediante la apertura de una ranura, zanja o banda estrecha sólo de suficiente ancho y profundidad para una cobertura adecuada de las semillas. No se realiza ninguna otra preparación del suelo (Rolf Derpsch, 2016). Sin embargo, la implementación acabada del sistema de siembra directa incluye también el control de malezas, la rotación de cultivos, la incorporación de coberturas o abonos verdes y el permanente cuidado y medición de la materia orgánica del suelo (Carver et al., 2022; Friedrich, Derpsch, & Kassam, 2012). América del Sur es el continente que más ha adoptado el sistema de siembra directa. La adopción de este sistema en términos de porcentaje del total de tierras de cultivo en Argentina y en el Sur de Brasil es del 80%, en Paraguay es del 90% y en Uruguay del 82% (Mendes et al., 2021; Garduño de Jesus, 2020; Dorrego, 2012; Christoffoleti et al., 2007). No obstante, no todos los agricultores implementan el sistema de siembra directa con alta calidad.

Paraguay es uno de los mayores exportadores de soja del mundo (CAPECO, 2021). El área productora de soja se concentra en el Este de la región Oriental, y, por lo tanto, es el área de estudio del presente artículo. Conocer la percepción de estos agricultores sobre los cambios de los patrones de precipitación observados es indispensable para lograr la implementación de medidas de adaptación. Si ellos han sentido poco o ningún cambio en el clima local, la probabilidad de la adopción rápida y efectiva de medidas de adaptación sería poco probable. Del mismo modo, la falta de cambios observados a escalas apropiadas dificulta la adopción de acciones de adaptación. Por lo tanto, una combinación de ciencias sociales y ciencias biofísicas es necesaria para abordar la complejidad de los procesos climáticos y de adaptación (Breuer, Cabrera, Ingram, Broad, & Hildebrand, 2008). En este sentido, este artículo consiste en: i) entender las percepciones de los agricultores sobre los cambios de precipitación locales; ii) analizar datos observados de precipitación y proyecciones de fuentes secundarias; iv) comparar lo observado con lo percibido; y, v) realizar una revisión bibliográfica de medidas de adaptación a las precipitaciones intensas implementadas por los agricultores.

Los agricultores en el Este de la región Oriental de Paraguay, a lo largo de los años, han implementado varias herramientas o técnicas de manejo adaptativas en la producción. Entre estas medidas se encuentran el sistema de siembra directa, la conservación de bosques a lo largo de cursos hídricos, la incorporación de pasturas para ganadería, sistemas silvopastoriles, y la forestación. Asimismo, el Estado Paraguayo y las entidades binacionales como Itaipu y Yacyretá conservan bosques debido a sus múltiples beneficios como la atenuación de la erosión y la protección de la biodiversidad.

Específicamente, la Itaipú Binacional ha establecido ocho áreas silvestres protegidas que suman 63.926 hectáreas (Itaipu Binacional, 2021a), ha liderado el proyecto Paraguay Biodiversidad en donde se establecieron corredores biológicos boscosos para

unir las reservas biológicas nacionales, privadas y del propio ente binacional, y ha logrado recuperar 2.500 hectáreas de bosques a lo largo del área del embalse por medio del proyecto Itaipu Preserva. Adicionalmente, la zona de influencia de Itaipu, con 1.047.438 hectáreas, ha sido declarada Reserva de la Biosfera por el programa Hombre y Biosfera de la UNESCO en el 2017 (Itaipu Binacional, 2021b). El paisaje de la Biósfera consiste en un mosaico dominado por un nexo energía-agua-alimento. La generación de energía limpia y renovable, la agricultura de siembra directa, las plantaciones forestales y los cuidados del embalse reducen la erosión por lluvias frecuentes e intensas en la zona (Itaipu Binacional, 2021b).

El presente artículo está organizado como sigue. La sección **Metodología** describe el área de estudio, así como los datos y métodos utilizados. La sección de **Resultados** describe los resultados de los análisis desarrollados y en la sección **Discusión** se presenta la importancia de los bosques y la siembra directa como herramienta de adaptación. La sección de **Conclusión** presenta los resultados principales y conclusiones.

METODOLOGÍA

Área de estudio

El área de estudio comprende el Este de la región Oriental del Paraguay, y más específicamente el departamento de Itapúa, siendo este departamento uno de los que más agrícolas del país con más de 1.000.000 de hectáreas de cultivo (Figura 1). Esta región ha sufrido un masivo cambio de uso del suelo, reduciéndose la cobertura del Bosque Atlántico aproximadamente en un 80% en las últimas décadas, con hectáreas de bosques remanentes altamente fragmentadas y degradadas en la actualidad (WWF, 2021; de la Sancha, Boyle, & McIntyre, 2021; Huang et al., 2007). Este cambio de uso de suelo se originó principalmente por la conversión de los bosques para el desarrollo agropecuario (WWF, 2021).

El régimen de lluvias en el Este de Paraguay se caracteriza por dos picos de lluvia observados durante las estaciones de transición: otoño y primavera, pero sin estación seca (Rusticucci & Penalba, 2000). Varios estudios llevados a cabo para conocer la variación del volumen de precipitación a través de los años indican un aumento del acumulado de precipitación anual en todo el país, mostrando condiciones más húmedas con el correr del tiempo. De igual manera, se detectaron aumentos en la intensidad diaria de precipitación a través del tiempo (Arndt et al., 2010; Haylock et al., 2006; Liebmann et al., 2005).

Estudios de modelación hidrológica con el modelo MGB-IPH llevados a cabo en cuencas hidrográficas en el área de estudio han encontrado que, en general, los caudales máximos tienden a aumentar y que los caudales mínimos tienden a disminuir con el tiempo. Estos estudios mostraron que cerca del 54% de esta variación fue causada por el aumento

de la precipitación y alrededor del 46% por el cambio de uso de la tierra (Lugo, Mazó, & Báez, 2017; Oreggioni & Baez Benitez, 2016; Godoy & Escobar, 2016). Se comprobó, además, que entre los años 1970 y 1999, los caudales medios anuales de los ríos Paraguay, Paraná y Uruguay sufrieron un notable incremento; específicamente, se registró un aumento del caudal medio en conjunto del 35% entre 1951-1970 y 1980-1999, y parte de este cambio está relacionado con el aumento de las precipitaciones anuales (Rababuffetti, Espínola, & Amsler, 2018; V. R. Barros et al., 2015; Barros, 2013).
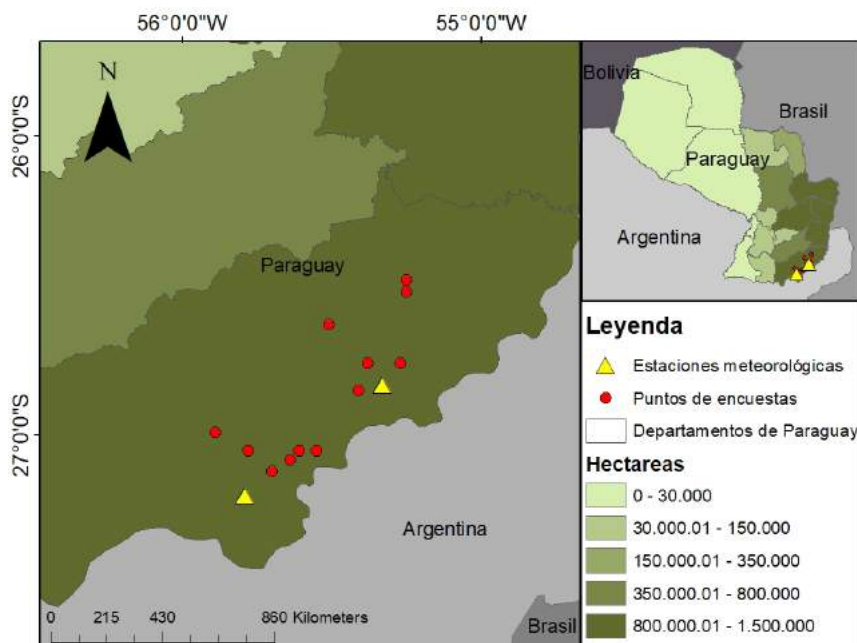
Figura 1. Área de estudio. Los datos de hectáreas de cultivos corresponden a la superficie total anual destinada en cada departamento a cultivos permanentes y temporales (Instituto Nacional de Estadística, 2021). La estación meteorológica de Capitán Meza cuenta con datos entre 1976 y 2015, y la de Capitán Miranda con datos entre 1976 y 2005.

Datos y métodos

Se utilizó un enfoque de métodos mixtos, incluyendo las ciencias sociales y las metodologías biofísicas. Por un lado, para medir el estado de conocimiento de los agricultores sobre el clima, se utilizaron grupos focales, entrevistas abiertas y encuestas. Por otro lado, para detectar los cambios de precipitación observados se analizaron datos diarios de estaciones meteorológicas ubicadas en el área de estudio.

Para conocer la percepción sobre la variabilidad y el cambio climático y sobre las posibles adaptaciones de la gestión se realizaron encuestas escritas de 15 preguntas cerradas y de selección múltiple a una muestra de conveniencia de 93 agricultores, consultores y

técnicos localizados en Itapúa (Figura 1). Estas encuestas fueron desarrolladas mediante la adaptación de un instrumento similar utilizado en Argentina (Podestá et al., 2002) durante la temporada de cultivos 2012-2013.

Todos los encuestados contaban con más de 30 años y habían estado residiendo en el área la mayor parte de sus vidas. Las preguntas incluyeron sus percepciones de la variabilidad y cambio climático en el área y sus conocimientos acerca del fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). Además, se incluyó una pregunta para evaluar si el déficit o el exceso de agua produce mayores impactos negativos en los cultivos.

Para validar y contrastar las percepciones sobre los cambios en el volumen e intensidad de las precipitaciones, se analizaron datos históricos de precipitación diaria de dos estaciones meteorológicas convencionales de la Dirección de Meteorología e Hidrología de la Dirección Nacional de Aeronáutica Civil (DMH-DINAC) ubicadas en el área de estudio (Figura 1). Se establecieron las tendencias observadas mediante regresión lineal simple de la precipitación anual, del valor máximo anual de precipitación diaria y del número de eventos extremos de precipitación registrados anualmente. Para determinar los eventos extremos se adoptó la metodología estadística del percentil 90 *(Task Team on the Definition of Extreme Weather and Climate Events,* 2016), esto quiere decir que todos los eventos diarios de precipitación que posean valores superiores a este percentil son considerados como eventos extremos.

Adicionalmente, se realizó un análisis decenal del volumen de precipitación acumulado y del número de eventos extremos por estación climática (primavera, verano, otoño e invierno) para conocer sus incrementos o reducciones a través del tiempo. En este estudio, las estaciones climáticas fueron consideradas como sigue: primavera comprende los meses de septiembre, octubre y noviembre; verano comprende los meses de diciembre, enero y febrero; otoño comprende los meses de marzo, abril y mayo; e invierno comprende los meses de junio, julio y agosto.

RESULTADOS

Percepciones de la variabilidad climática

Los productores describieron los riesgos de producción asociados con la variabilidad del clima. Los factores que pudieron haber contribuido a la apertura de la mentalidad de los agricultores en temas climáticos incluyeron cambios recientes en nuevos cultivares o variedades de soja con características de tolerancia a los herbicidas y a ciertas plagas y enfermedades, clima adverso durante las últimas temporadas de cultivo y un mayor interés en cultivar el maíz como segunda cosecha que forzó la siembra anterior de soja, lo que resultó en una disminución de los rendimientos.

En todas las reuniones hubo un alto nivel de preocupación por la variabilidad y el

cambio climático. Las observaciones empíricas de agricultores y técnicos acerca de las variaciones climáticas incluyeron árboles que florecen más temprano (en julio en lugar de septiembre u octubre) o floración durante todo el año y aves poco comunes que aparecen en su área. En la región existía un sentimiento general de que el clima cambiaba y las preguntas sobre la sostenibilidad a largo plazo de la agricultura en la región eran frecuentes.

Con respecto a las percepciones de la variabilidad climática, un 99% de los encuestados consideró que el clima ha variado en la región en donde vienen llevando a cabo sus actividades productivas en los últimos diez años (2003-2013). Este cambio percibido, se encuentra principalmente relacionado al aumento de la temperatura, ya que el 89% de los encuestados percibió que la temperatura ha aumentado durante el verano.

Con respecto al volumen de precipitación, el 17% de los encuestados percibió un aumento durante la primavera, cuando un 16%, 13% y 6% de los encuestados percibieron aumentos durante el otoño, invierno y verano, respectivamente. Por el contrario, un 55% de los encuestados percibe una reducción de la precipitación durante el verano, y un 20%, 13%, y 11% percibieron reducciones en invierno, primavera y otoño, respectivamente. Por otro lado, aproximadamente el 60% de los encuestados consideró que en la actualidad ocurren más eventos intensos de precipitación a lo largo del año, en donde el 38% considera que este aumento en la intensidad de las precipitaciones se registra principalmente en el verano.

Con relación a si el exceso de precipitación o el déficit de precipitación afecta más la producción agrícola, una gran proporción de encuestados (71%) declaró que el déficit es más perjudicial, mientras que el 29% dijo que tanto el déficit como el exceso de precipitación perjudicaron sus operaciones.

Variabilidad climática observada

Se observó que en el este de la región Oriental del Paraguay existe una tendencia positiva en el acumulado anual de precipitación, indicando un incremento en el volumen de precipitación registrado anualmente a través del tiempo (Figura 2). Estas tendencias positivas son significativas desde el punto de vista estadístico, ya que adoptando un nivel de significancia del 5%, en la estación de Capitán Meza se obtuvo un $p\text{-}valor<0.01$ y en la de Capitán Miranda un $p\text{-}valor=0.012$.

En el análisis decenal se observó también una tendencia positiva en el volumen de precipitación acumulado en primavera y verano, indicando un aumento a lo largo de los años de la cantidad de precipitación acumulada en estos periodos de tiempo. Contrariamente, se observó heterogeneidad en las tendencias encontradas durante el otoño y el invierno, ya que en el tercer decenio analizado se registró una reducción en el acumulado total (Figura 3).

Con respecto a la intensidad de las precipitaciones, se registraron tendencias positivas en el valor de la precipitación diaria máxima anual, lo que indica que éstas se

están volviendo más intensas. De igual manera, analizando el valor de la precipitación diaria máxima mensual se detectaron tendencias positivas en las estaciones meteorológicas analizadas, encontrándose significancia estadística (*p-valor*<0.05) en la ubicada en Capitán Meza.

Por otro lado, se analizó la frecuencia de los eventos extremos de precipitación y también se encontró tendencias positivas en ambas estaciones meteorológicas. Como ya se mencionó anteriormente, los eventos extremos de precipitación fueron definidos por el percentil 90 de la totalidad de los datos de cada estación. En la estación meteorológica de Capitán Meza el percentil 90 es igual a 41.29mm/d y en la de Capitán Miranda es igual a 45mm/d. Analizando estos eventos por estación climática, se pudo observar que tienden a ocurrir durante el periodo lluvioso de la región Oriental, abarcando principalmente las estaciones de primavera y verano, con una importante reducción de su número durante el invierno.

Por último, haciendo un análisis decenal de la cantidad de los eventos extremos por estación climática, se observó que en la región existe una tendencia positiva en el número de eventos a través de los años en primavera y verano. Con respecto a la frecuencia de estos eventos durante el otoño y el invierno, en la última década analizada hubo un incremento en Capitán Meza, pero no se cuentan con datos de la estación de Capitán Miranda para llegar a una conclusión unificada (Figura 4).

Estos resultados son consistentes con estudios previos realizados en la región. Por ejemplo, para el sur de Brasil, Grimm & Pscheidt (2001) encontraron un fuerte aumento en la frecuencia de eventos extremos durante los años de El Niño, mientras que Carvalho, Jones, & Liebmann (2002), analizando los eventos de precipitación extrema en el sureste de Brasil, encontraron más días con eventos extremos durante la fase cálida del ENSO o El Niño que durante la fase fría o La Niña. Igualmente, Liebmann et al. (2004) encontraron que al sur de la latitud 20°S de Sudamérica, en el periodo 1976-1999, la tendencia fue positiva durante el trimestre enero-marzo y se centró en el sur de Brasil, mientras que entre 1948 y 1975 la tendencia fue también positiva, pero con la mitad de la pendiente. Bidegain Dorelo et al. (2017) analizaron datos de precipitación anual sobre la cuenca del río de la Plata entre 1971 y 2015, y encontraron evidencia de una tendencia incremental de aproximadamente 40 mm y una alta variabilidad interanual.
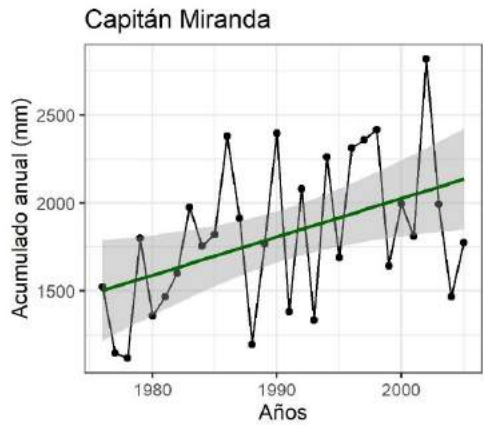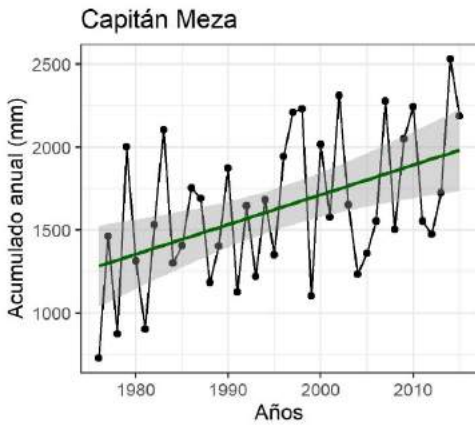
Figura 2. Acumulado anual de precipitación.
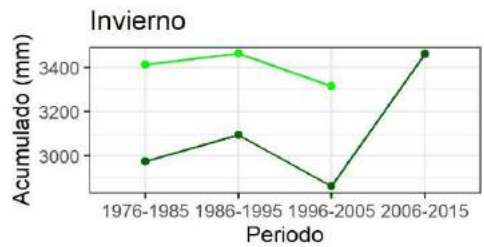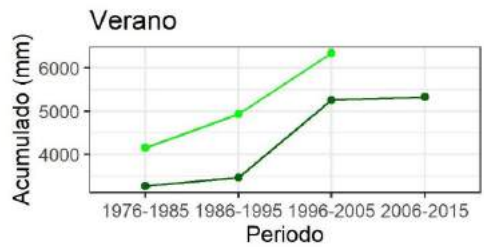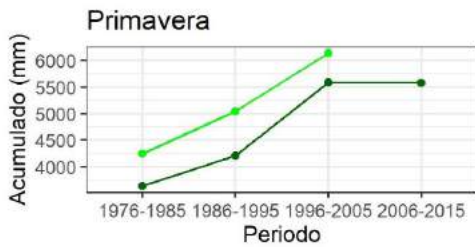
Figura 3. Acumulado decenal del volumen de precipitación por estación climática.
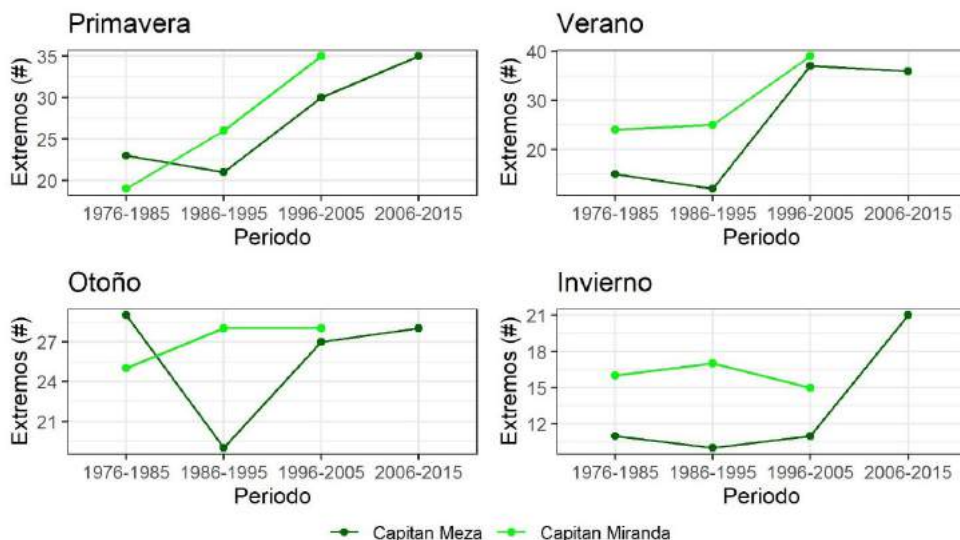
Figura 4. Número de eventos extremos cada 10 años por estación climática.

DISCUSIÓN

En Paraguay, y especialmente en el Este, ha ocurrido un cambio de uso del suelo muy significativo. Ante la urgencia de conservar el suelo sujeto a lluvias sub-tropicales y sin cobertura, se implementó el sistema de siembra directa con excelentes resultados de producción y de control de erosión. La implementación de este sistema se estableció principalmente como mecanismo para controlar la erosión del suelo, y se puede decir que es una de las mejores herramientas existentes para detener la erosión del suelo, proteger los recursos hídricos, aumentar rendimientos e ingresos y adaptarse el cambio climático desde el sector agrícola (Behrends Kraemer et al., 2021; Machado & Silva, 2001). Sin embargo, la multitud de beneficios de la siembra directa no siempre se observa ya que no todos los productores implementan el sistema de siembra directa con alta calidad.

Estudios hallaron que la pérdida de suelo y el coeficiente de escorrentía fueron mayores con labranza convencional que con siembra directa, obteniéndose una reducción de pérdidas de suelo por erosión de hasta un 80% (Antoneli et al., 2018). Sin embargo, el beneficio de la reducción de las pérdidas de suelo por escorrentía superficial es menos evidente, lo que sugiere la necesidad de implementar prácticas adicionales, como los cultivos intercalados y conservación o recomposición de bosques para mitigar la escorrentía superficial y evitar arrastre de suelo a los cursos hídricos (Antoneli et al., 2018; Merten, Araújo, Biscaia, Barbosa, & Conte, 2015).

El Sexto Reporte de Evaluación del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) establece que el cambio climático inducido por el hombre

está afectando a muchos fenómenos meteorológicos y climáticos extremos en todas las regiones del mundo. Los cambios observados en fenómenos extremos como olas de calor, precipitaciones intensas, sequías y ciclones tropicales, y, en particular, su atribución a la influencia humana se ha reforzado desde el Quinto Reporte de Evaluación (Arias et al., 2021). En este contexto, es sumamente importante implementar correctamente mecanismos para la adaptación y mitigación al cambio climático como la siembra directa y la conservación de bosques.

En la región Oriental del Paraguay se encuentra en vigencia la Ley N°6.676/2020, la cual prohíbe las actividades de transformación y conversión de superficie con cobertura de bosques. Sin embargo, por medio de la Ley Forestal N°422/1973 se estableció que las actividades de transformación del suelo en terrenos de más de 20 hectáreas deben estar compuestos por el 25% de la reserva legal de bosque natural y, en caso de no contar con este porcentaje mínimo, el propietario deberá reforestar un 5% de la superficie del predio. Adicionalmente, se establece que los propietarios deben mantener 100 metros de bosques de protección en ambos márgenes de los cauces hídricos, y deben mantener franjas de bosques de separación entre parcelas. Acciones que no fueron cumplidas en la región Oriental en los procesos de transformación del uso del suelo. Al respecto, la adecuación a la Ley Forestal mediante la reforestación en la principal zona de cultivo de soja del Paraguay como en los departamentos de Alto Paraná, Itapúa y el este de Canindeyú, podría redundar en una sinergia positiva con la utilización de siembra directa de calidad para asegurar el cuidado del suelo y de los recursos hídricos.

El aumento de precipitaciones intensas es un fenómeno preocupante para el sector productivo. Sin embargo, con la conservación de bosques, el desarrollo e implementación de buenas tecnologías, y la elaboración de políticas públicas basadas en la ciencia, es posible lograr la adaptación a la variabilidad y el cambio climático para la producción sostenible de alimentos.

CONCLUSIÓN

Se pudo observar que la mayoría de los agricultores identificaron cambios en el clima en la zona donde llevan a cabo sus actividades productivas. La mayoría de los agricultores percibió un aumento de la temperatura principalmente durante el verano. Enfocándonos en la precipitación, detectaron un aumento en el volumen a través de los años, el cual también fue encontrado en el análisis de los datos observados de esta variable. Con esto se puede concluir que los agricultores perciben correctamente las variaciones encontradas en el volumen de precipitación anual.

Asimismo, los agricultores percibieron un incremento en el volumen de precipitación en primavera, otoño e invierno, y un decrecimiento en el verano. Los incrementos percibidos en primavera y otoño coinciden con los datos observados, ya que los acumulados cada

10 años en estas estaciones climáticas muestran tendencias positivas en las estaciones meteorológicas ubicadas en el área de estudio.

Con respecto al incremento en el volumen de precipitación percibido en el invierno, las observaciones indican un decrecimiento en la tercera década, pero un aumento considerable en la última en la estación de Capitán Meza en donde datos se encuentran disponibles. Por esta razón, se podría concluir que las percepciones del incremento del volumen de precipitación están acordes a lo ocurrido en la última década. Sin embargo, se verificó una percepción que no coincide con datos observados en la variación del volumen de precipitación en el verano. Los agricultores y consultores técnicos identificaron un decrecimiento con el correr del tiempo y en las estaciones meteorológicas analizadas se observaron tendencias positivas mostrando un incremento en el volumen de esta variable a través de los años.

Por otro lado, los agricultores percibieron un aumento en la intensidad de la precipitación, con un mayor énfasis en el verano. La percepción de aumento de la intensidad de precipitación es correcta, ya que en todas las estaciones meteorológicas analizadas se observaron tendencias positivas tanto en los valores máximos mensuales de precipitación como en el valor máximo anual de precipitación, indicando un aumento de la intensidad de la precipitación a través de los años. Además, en primavera y en verano se registraron tendencias positivas en el número de eventos extremos en las estaciones meteorológicas analizadas, lo que indica que con el correr del tiempo se están presentando mayor cantidad de días con precipitaciones intensas. Específicamente, en verano se registró un mayor incremento en el número de estos eventos a través del tiempo; y, por lo tanto, se puede concluir que los agricultores perciben correctamente estos cambios. Durante los talleres, los productores señalaron que el factor más importante a considerar en cuanto al impacto sobre los rendimientos de los cultivos es el momento fenológico en que ocurre el evento extremo de precipitación.

Los agricultores, en base a los cambios en los patrones de precipitación observados, han implementado varias herramientas o técnicas de manejo adaptativas en la producción. Entre estas medidas se encuentran el sistema de siembra directa, la conservación de bosques principalmente a lo largo de cursos hídricos, la incorporación de pasturas para ganadería, sistemas silvopastoriles, y la forestación. Asimismo, el Estado Paraguayo, propietarios privados, y las entidades binacionales también conservan bosques debido a sus múltiples beneficios como la atenuación de la erosión y la protección de la biodiversidad.

El sistema de siembra directa y la conservación de los remanentes boscosos, localizados en terrenos públicos, privados y de entes binacionales, son herramientas adaptativas que sirven y servirán para mitigar el impacto del aumento de precipitaciones intensas reduciendo la pérdida por erosión de valioso suelo fértil. Sin embargo, resaltamos que se requieren más estudios en la región Oriental del Paraguay tanto de parcelas monitoreadas como de modelación para entender mejor la relación entre el manejo del

suelo y el clima variable.

REFERENCIAS

Antoneli, V., Lenatorvicz, H. H., Bednarz, J. A., Pulido-Fernández, M., Brevik, E. C., Cerdà, A., & Rodrigo-Comino, J. (2018). Rainfall and land management effects on erosion and soil properties in traditional Brazilian tobacco plantations. *Hydrological Sciences Journal*, *63*(7), 1008–1019. https://doi.org/10.1080/02626667.2018.1472379

Arias, P. A., Bellouin, N., Coppola, E., Jones, R. G., Krinner, G., Marotzke, J., … Zickfeld, K. (2021). Technical report. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Retrieved from https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_TS.pdf

Arndt, D. S., Baringer, M. O., Johnson, M. R., Alexander, L. V., Diamond, H. J., Fogt, R. L., … Willett, K. M. (2010). State of the climate in 2009. *Bulletin of the American Meteorological Society*, *91*(7). https://doi.org/10.1175/BAMS-91-7-StateoftheClimate

Barros, V. (2013). *Escenarios hidrológicos de caudales medios del río Paraná y Uruguay*. Santiago. Retrieved from http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5696/LCL3741_es.pdf?sequence=1

Barros, V. R., Boninsegna, J. A., Camilloni, I. A., Chidiak, M., Magrín, G. O., & Rusticucci, M. (2015). Climate change in Argentina: Trends, projections, impacts and adaptation. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, *6*(2), 151–169. https://doi.org/10.1002/wcc.316

Behrends Kraemer, F., Morrás, H., Fernández, P. L., Duval, M., Galantini, J., & Garibaldi, L. (2021). Influence of edaphic and management factors on soils aggregates stability under no-tillage in Mollisols and Vertisols of the Pampa Region, Argentina. *Soil and Tillage Research*, *209*(January). https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104901

Bidegain Dorelo, M., Pasten, M., Nagy Breitenstein, G., Coronel, G., Ferrer, J., & Arana, I. (2017). Tendencias recientes de las precipitaciones e impactos asociados con ENSO en la cuenca del Río de la Plata. *Paraquaria Natural*, 8–18.

Breuer, N. E., Cabrera, V. E., Ingram, K. T., Broad, K., & Hildebrand, P. E. (2008). AgClimate: A case study in participatory decision support system development. *Climatic Change*, *87*(3–4), 385–403. https://doi.org/10.1007/s10584-007-9323-7

CAPECO. (2021). Ranking Mundial. Retrieved November 1, 2021, from https://capeco.org.py/ranking-mundial-es/

Carvalho, L. M. V., Jones, C., & Liebmann, B. (2002). Extreme precipitation events in southeastern South America and large-scale convective patterns in the South Atlantic covergence zone. *Journal of Climate*, *15*(17), 2377–2394. https://doi.org/10.1175/1520-0442(2002)015<2377:EPEISS>2.0.CO;2

Carver, R. E., Nelson, N. O., Roozeboom, K. L., Kluitenberg, G. J., Tomlinson, P. J., Kang, Q., & Abel, D. S. (2022). Cover crop and phosphorus fertilizer management impacts on surface water quality from a no-till corn-soybean rotation. *Journal of Environmental Management*, *301*, 113818. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113818

Christoffoleti, P. J., de Carvalho, S. J. P., López-Ovejero, R. F., Nicolai, M., Hidalgo, E., & da Silva, J. E. (2007). Conservation of natural resources in Brazilian agriculture: Implications on weed biology and management. *Crop Protection*, *26*(3), 383–389. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.06.013

de la Sancha, N. U., Boyle, S. A., & McIntyre, N. E. (2021). Identifying structural connectivity priorities in eastern Paraguay's fragmented Atlantic Forest. *Scientific Reports*, *11*(1), 1–14. https://doi.org/10.1038/s41598-021-95516-3

Derpsch, R., Friedrich, T., Kassam, A., & Hongwen, L. (2010). Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, *3*(1), 1–25. https://doi.org/10.3965/j.issn.1934-6344.2010.01.001-025

Dorrego, S. del S. (2012). No till + crop rotation + pesticide stewardship = better agriculture. *Outlooks on Pest Management*, *23*(1), 25–27. https://doi.org/10.1564/23feb07

Fernandes, E. C. M., Soliman, A., Confalonieri, R., Donatelli, M., & Tubiello, F. (2012). *Climate Change and Agriculture in Latin America, 2020-2050: Projected Impacts and Response to Adaptation Strategies*. Washington, DC. Retrieved from https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/12582

Fraser, A. I., Harrod, T. R., & Haygarth, P. M. (1999). The effect of rainfall intensity on soil erosion and particulate phosphorus transfer from arable soils. *Water Science and Technology*, *39*(12), 41–45. https://doi.org/10.1016/S0273-1223(99)00316-9

Friedrich, T., Derpsch, R., & Kassam, A. (2012). Overview of the Global Spread of Conservation Agriculture. *Sustainable Development of Organic Agriculture*. https://doi.org/10.1201/9781315365800

Garduño de Jesus, E. (2020). *Agricultura sustentable como una alternativa viable para la soberanía alimentaria*. Universidad Autónoma del Estado de México. Retrieved from http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/109824

Godoy, T., & Escobar, C. (2016). Análisis hidrológico de la Cuenca del Río Monday mediante el uso del modelo hidrológico distribuido MGB – IPH. *Revista de La Sociedad Científica Del Paraguay*, *21*, 181–192.

Grimm, A. M., & Pscheidt, E. I. (2001). Padrões atmosféricos associados a eventos severos de chuva na primavera durante El Niño, La Niña e anos neutros. In *Anais do IX Congresso da Federação Latino-Americana e Ibérica de Sociedades de Meteorologia e VIII Congresso Argentino de Meteorologia (em CD, n° 269), Buenos Aires, maio de 2001*.

Haylock, M. R., Peterson, T. C., Alves, L. M., Ambrizzi, T., Anunciacao, Y. M. T., Baez, J., … Vincent, L. A. (2006). Trends in total and extreme South American rainfall in 1960-2000 and links with sea surface temperature. *Journal of Climate*, *19*(8), 1490–1512. https://doi.org/10.1175/JCLI3695.1

Huang, C., Kim, S., Altstatt, A., Townshend, J. R. G., Davis, P., Song, K., … Musinsky, J. (2007). Rapid loss of Paraguay's Atlantic forest and the status of protected areas - A Landsat assessment. *Remote Sensing of Environment*, *106*(4), 460–466. https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.09.016

Instituto Nacional de Estadística. (2021). Compendio Estadistico del Paraguay. Retrieved November 1, 2021, from https://www.ine.gov.py/default.php?publicacion=17

IPCC. (2021). Regional Fact Sheet – Central and South America in: Sixth Assessment Report. Working Group I – The Physical Science Basis. *Ipcc*, 2. Retrieved from https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/

Issaka, S., & Ashraf, M. A. (2017). Impact of soil erosion and degradation on water quality: a review. *Geology, Ecology, and Landscapes*, *1*(1), 1–11. https://doi.org/10.1080/24749508.2017.1301053

Itaipu Binacional. (2021a). Áreas Silvestres Protegidas. Retrieved November 8, 2021, from https://www.itaipu.gov.py/es/medio-ambiente/areas-silvestres-protegidas

Itaipu Binacional. (2021b). Reserva de La Biosfera Itaipu. Retrieved November 8, 2021, from https://www.itaipu.gov.py/es/pagina/reserva-de-la-biosfera-itaipu

Lal, R., Reicosky, D. C., & Hanson, J. D. (2007). Evolution of the plow over 10,000 years and the rationale for no-till farming. *Soil and Tillage Research*, *93*(1), 1–12. https://doi.org/10.1016/j.still.2006.11.004

Liebmann, B., Vera, C. S., Carvalho, L. M. V., Camilloni, I., Barros, V., Hoerling, M. P., & Allured, D. (2004). An observed trend in central South American precipitation. *Journal of Climate*, 4357–4367. https://doi.org/https://doi.org/10.1175/3205.1

Liebmann, B., Vera, C. S., Carvalho, L. M. V., Camilloni, I., Barros, V., Hoerling, M. P., & Allured, D. (2005). An observed trend in central South American precipitation. *85th AMS Annual Meeting, American Meteorological Society - Combined Preprints*, 2071–2075.

Liu, Y. F., Liu, Y., Shi, Z. H., López-Vicente, M., & Wu, G. L. (2020). Effectiveness of re-vegetated forest and grassland on soil erosion control in the semi-arid Loess Plateau. *Catena*, *195*(26), 104787. https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104787

Lugo, A., Mazó, M., & Báez, J. (2017). Implementación del modelo hidrológico de grandes cuencas MGB-IPH en la Cuenca del Río Acaray. *Revista de La Sociedad Científica Del Paraguay*, *22 (1)*, 61–74.

Machado, P. L. O. d. A., & Silva, C. A. (2001). Soil management under no-tillage systems in the tropics with special reference to Brazil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, *61*(1–2), 119–130. https://doi.org/10.1023/A:1013331805519

Magrin, G. O., Marengo, J. A., Boulanger, J.-P., Buckeridge, M. S., Castellanos, E., Poveda, G., … Villamizar, A. (2014). Central and South America In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 1499–1566. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415386.007

Mendes, R. R., Takano, H. K., Netto, A. G., Junior, G. J. P., Cavenaghi, A. L., Silva, V. F. V., … Ovejero, R. F. L. (2021). Monitoring glyphosate-and chlorimuron-resistant conyza spp. Populations in brazil. *Anais Da Academia Brasileira de Ciencias*, *93*(1), 1–14. https://doi.org/10.1590/0001-3765202120190425

Merten, G. H., Araújo, A. G., Biscaia, R. C. M., Barbosa, G. M. C., & Conte, O. (2015). No-till surface runoff and soil losses in southern Brazil. *Soil and Tillage Research*, *152*, 85–93. https://doi.org/10.1016/j.still.2015.03.014

Mohamadi, M. A., & Kavian, A. (2015). Effects of rainfall patterns on runoff and soil erosion in field plots. *International Soil and Water Conservation Research*, *3*(4), 273–281. https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2015.10.001

Oreggioni, F., & Baez Benitez, J. (2016). *Modelado hidrológico de la cuenca del río Ñacunday utilizando datos de precipitacion estimados por satélites*. Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción.

Podestá, G., Letson, D., Messina, C., Royce, F., Ferreyra, R. A., Jones, J., … O'Brien, J. J. (2002). Use of ENSO-related climate information in agricultural decision making in Argentina: A pilot experience. *Agricultural Systems*, *74*(3), 371–392. https://doi.org/10.1016/S0308-521X(02)00046-X

Rababuffetti, A. P., Espínola, L. A., & Amsler, M. L. (2018). *Influencia de la variabilidad climática sobre la composición de la comunidad íctica en el tramo medio del río Paraná*. Universidad Nacional del Litoral.

Recalde, A. M. (2017). Caudales pico. Asunción, Paraguay.

Rolf Derpsch. (2016). ¿Qué es SD? Retrieved November 1, 2021, from http://www.rolf-derpsch.com/es/siembra-directa/que-es-sd/

Rusticucci, M., & Penalba, O. (2000). Interdecadal changes in the precipitation seasonal cycle over Southern South America and their relationship with surface temperature. *Climate Research*, *16*(1), 1–15. https://doi.org/10.3354/cr016001

Task Team on the Definition of Extreme Weather and Climate Events. (2016). *Guidelines on the Defintion and Monitoring of Extreme Weather and Climate Events*. *World Meteorological Organization*.

Verity, G. E., & Anderson, D. W. (1990). Soil erosion effects on soil quality and yield. *Canadian Journal of Soil Sciences*, *70*, 471–484. https://doi.org/https://doi.org/10.4141/cjss90-046

WWF. (2021). El Bosque Atlántico. Retrieved November 8, 2021, from https://www.wwf.org.py/_donde_trabajamos_/bosque_atlantico/

CAPÍTULO 3

AVANÇOS TECNOLÓGICOS NA AGRICULTURA: UMA EXPOSIÇÃO DAS PRINCIPAIS TECNOLOGIAS QUE VEM APERFEIÇOANDO O SISTEMA AGRÍCOLA DE PRODUÇÃO

Data de aceite: 01/02/2022
Data de submissão: 23/12/2021

Anderson de Araújo Mendes
Universidade Federal de Campina Grande– UFCG. Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar – CCTA
Pombal – PB
http://lattes.cnpq.br/2575006725705971

Kilson Pinheiro Lopes
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar – CCTA
Pombal – PB
http://lattes.cnpq.br/2366117797494886

Vitória Cristina dos Santos Ribeiro
Universidade Federal de Campina Grande– UFCG. Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar – CCTA
Pombal – PB
http://lattes.cnpq.br/9979666214146886

Antônio Carlos de Sena Rodrigues
Universidade Federal de Campina Grande– UFCG. Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar– CCTA
Pombal – PB
http://lattes.cnpq.br/7657251831118742

Anny Karolinny de França Soares
Universidade Federal de Campina Grande– UFCG. Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar – CCTA
Pombal – PB
http://lattes.cnpq.br/2806018127496354

Maria Luana Oliveira Silva
Universidade Federal de Campina Grande– UFCG. Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar – CCTA
Pombal – PB
http://lattes.cnpq.br/7309978645436553

Eduardo Antônio do Nascimento Araújo
Universidade Federal de Campina Grande– UFCG. Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar – CCTA
Pombal – PB
http://lattes.cnpq.br/9800417815093021

Kayo Werter Nicacio Campos
Universidade Federal de Campina Grande– UFCG. Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar – CCTA
Pombal – PB
http://lattes.cnpq.br/2422018035956997

Paloma Domingues
Universidade Federal de Campina Grande– UFCG. Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar – CCTA
Pombal – PB
http://lattes.cnpq.br/9819533203393721

Lyandra Maria de Oliveira
Universidade Federal de Campina Grande– UFCG. Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar – CCTA
Pombal – PB
http://lattes.cnpq.br/2421808726725145

Alena Thamyres Estima de Sousa
Universidade Federal de Campina Grande– UFCG. Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar – CCTA
Pombal – PB
http://lattes.cnpq.br/9422043816685147

Amanda Pereira da Costa
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG
Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar – CCTA
Pombal – PB
http://lattes.cnpq.br/1896876753417084

RESUMO: Desde que surgiu na antiguidade, o modo de se cultivar uma planta em solo fértil vem sofrendo uma série de mudanças, iniciando pela utilização de ferramentas rudimentares de madeira e pedra, depois veio o ferro, e atualmente tem-se a existência de máquinas de grande porte que auxiliam em praticamente todas as etapas de produção. Além disso, a capacidade de levar a internet ao campo abriu novas fronteiras para que todo o processo ocorra de forma mais precisa e com o máximo possível de aproveitamento. Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo fazer uma revisão de literatura explorando as tecnologias empregadas no sistema agrícola e que possuem potencial para aperfeiçoar ainda mais esse processo, tendo em vista o aumento na demanda por alimentos pelo mundo inteiro nos próximos anos e o desejo de se produzir mais sem que seja necessário ampliar o total de áreas agricultáveis.
PALAVRAS-CHAVE: Agricultura de precisão; Biotecnologia; Big Data; IoT.

TECHNOLOGICAL ADVANCES IN AGRICULTURE: AN EXHIBITION OF THE MAIN TECHNOLOGIES THAT ARE IMPROVING THE AGRICULTURAL PRODUCTION SYSTEM

ABSTRACT: Since it appeared in antiquity, the way to cultivate a plant in fertile soil has undergone a series of changes, starting with the use of rudimentary tools of wood and stone, then came iron, and currently there are large machines. That assist in virtually all stages of production. In addition, the ability to take the internet to the field has opened new frontiers so that the entire process can take place more precisely and with the maximum possible use. Therefore, this work aims to review the literature exploring the technologies used in the agricultural system and which have the potential to further improve this process, in view of the increased demand for food around the world in the coming years and the desire to produce more without the need to expand the total number of arable areas.
KEYWORDS: Precision agriculture; Biotechnology; Big Data; IoT.

INTRODUÇÃO

O termo agricultura remete a prática de cultivar os solos com a finalidade de produzir alimentos para o consumo humano e/ou alimentação animal, representando o trabalho e os variados métodos de obtenção dos produtos agrícolas. Desde a antiguidade o homem via a necessidade de obter alimentos de forma que não dependesse apenas da disposição espontânea na natureza, dessa forma iniciou-se o sistema de cultivo de alimentos. Pode-se dizer que a agricultura é uma prática que está atrelada na história e por isso evoluindo em conjunto com o homem, este que sempre busca novas técnicas para satisfazer suas

necessidades (CASTANHO; TEIXEIRA, 2017; MAZOYER; ROUDART, 2010).

Até o século XVIII eram utilizadas ferramentas rudimentares feitas artesanalmente em madeira e ferro para todas as atividades envolvidas na agricultura, entretanto o aumento da população exigia um aumento na disponibilidade de alimentos e por consequência era necessário um maior aproveitamento da produção agrícola. Com isso, aos poucos a mão de obra humana foi sendo substituída pela força animal, em seguida por forças motorizadas a vapor e depois por força de motores de combustão interna, o surgimento dessas tecnologias possibilitaram um aumento na produtividade agrícola, e, consequentemente, uma maior disposição de alimentos. Desde então, o setor agrícola vem investindo mais em inovações tecnológicas, gerando uma crescente oferta de equipamentos cada vez mais avançados que contribuem para o aumento na produtividade no campo (VIAN *et al.*, 2013; JUNGES, 2019).

Com todos os frequentes avanços tecnológicos acabou surgindo a chamada agricultura de precisão (AP), sendo responsável por todo o processo de obtenção e processamento de informações em grande detalhamento, com métodos de georreferenciamento sobre as áreas agrícolas que permitem a elaboração de meios para um maior aproveitamento do terreno, melhor distribuição de sementes e fertilizantes, além de garantir maior precisão na irrigação. Isso só é possível graças as tecnologias de monitoramento, como os sistemas de posicionamento a partir de satélites (GPS – Global Positioning System) e aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), toda essa inovação tornou as atividades agrícolas cada vez mais produtivas e sustentáveis (COELHO; SILVA, 2009; RESENDE *et al.*, 2010).

A agricultura de precisão chegou ao Brasil mais ou menos na segunda metade da década de 1990 e hoje em dia o país é visto mundialmente como um importante produtor e exportador de commodities agrícolas (DERANI; SCHOLZ, 2017; OLIVEIRA *et al.*, 2020). Em 2020, o Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro foi de aproximadamente R$ 7,45 trilhões sendo que o agronegócio contribuiu em cerca de 26,6% desse total, ou seja, quase R$ 2 trilhões segundo dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA).

Segundo Amorim *et al.* (2019), a importância do agronegócio no contexto nacional e internacional fundamenta-se na crescente demanda por suprimentos para alimentar toda a população que continua aumentando ao longo dos anos. Para que isso seja possível, a agricultura 4.0 surgiu para seguir intimamente ligada a agricultura de precisão, fornecendo equipamentos tecnológicos para garantir maior detalhamento e facilidade na coleta de dados, com uma maior conectividade no campo é possível introduzir no processo produtivo tecnologias que abrem um leque de possibilidades para aumentar a produtividade, agregando mais valor ao produto e tornando o mercado mais competitivo (VILLAFUERTE *et al.*, 2018).

A integração das tecnologias na lavoura passa por todas as fases de produção, desde a pré-produção na qual utiliza sementes geneticamente melhoradas e assim mais resistentes a doenças e variações climáticas, passando pela fase de produção trazendo

a automação rural com os drones, satélites e sensores colocados nas plantas, animais, no solo e no maquinário. Já na pós-produção além de todo um envolvimento com o armazenamento do que foi produzido tem também o setor logístico. Todos esses sistemas são conectados entre eles por uma central de dados onde é feita essa coleta automática (MASSRUHÁ *et al*., 2020).

Mesmo o Brasil ocupando uma posição de destaque na produção agrícola mundial, os custos de implementação ainda causam insegurança em alguns tipos de agronegócio, além disso, a instabilidade do mercado e da própria economia faz com que muitos empresários evitem investir em recursos como automatização ou avanços tecnológicos na agricultura, o que implica na falta de conhecimento e crescimento dessa área tão importante, é essencial salientar também que a utilização das ferramentas digitais necessita de pessoas capacitadas adequadamente para seu manuseio (ESPERIDIÃO; SANTOS; AMARANTE, 2019).

Com isso, o presente trabalho vem trazendo uma revisão bibliográfica acerca das principais tecnologias que estão sendo aplicadas no sistema de produção agrícola ou que possuem grande potencial para uso, bem como trazer uma contextualização sobre agricultura de precisão, agricultura 4.0 ou agricultura digital na qual é uma complementação da AP, e expor sobre o melhoramento genético de espécies vegetais e sua importância no contexto produtivo. O Brasil apresenta-se como uma grande potência na produção agrícola mundial, com polos de exportação espalhados por todo o país e potencial para ampliação de sua produção total. Tendo em vista as futuras exigências na quantidade de alimentos produzidos, a integração das tecnologias apresentadas podem ser a chave principal para suprir todas as necessidades dentro dos limites das áreas agrícolas já existentes.

DESENVOLVIMENTO

Diante do cenário mundial no qual a tecnologia está presente em praticamente todas as atividades realizadas pelo homem, a agricultura tem se tornado cada vez mais conectada e inteligente. O agricultor deve se atentar cada vez mais ao que ocorre dentro e fora da sua propriedade, sempre se atendo as novidades do mercado e as necessidades do seu negócio para garantir maior rendimento e produtividade no campo. A agricultura de precisão (AP) é a responsável pela distribuição de tecnologias para o dia a dia no campo, pode-se entender que a AP é um conjunto de sistemas que usam dados adquiridos no campo para realizar um manuseio mais eficiente e econômico tanto em questão financeira quanto em questão de tempo, ampliando a visão do sistema produtivo e otimizando o uso de insumos (BOSCH, 2020).

No entanto, os conceitos de AP ainda são de certa forma, novos para muitos usuários, com o aumento da disponibilidade de tecnologias é comum que os produtores tenham dúvidas do que usar. Também é comum a falta de pessoas capacitadas para o

uso das ferramentas da AP, o que resulta em aplicações erradas e o não aproveitamento total das funcionalidades disponíveis, a falta de conhecimento na área também resulta na dificuldade de interpretação dos mapas ou das informações geradas e assim não sendo possível fazer uma recomendação precisa. Esse problema é o que faz com que muitas fazendas escolham usar o sistema convencional de agricultura, no qual consiste na aplicação igualitária de insumos e fertilizantes em toda a área podendo aplicar uma dosagem menor ou maior do que o necessário em determinados locais. Para o futuro da agricultura no Brasil é necessário que os produtores adquiram conhecimento sobre o manejo e aplicabilidade das novas tecnologias que vem surgindo a cada dia e que são usadas nas mais diversas etapas da produtividade (MENDES, 2018).

A partir disso, Pamplona e Silva (2019) definem a agricultura de precisão como um conjunto de inovações organizacionais e de processos que combinam mecanização com as tecnologias de informação e comunicação (TICs), permitindo um entendimento mais especializado das unidades de produção agrícola e assim possibilitando um maior aproveitamento das áreas disponíveis e dos recursos essenciais ao mesmo tempo em que reduz os riscos de contaminação dos solos e águas.

Agricultura de precisão e agricultura 4.0

De acordo com Villafuerte *et al*. (2018), a única forma de alcançar a produtividade de alimentos capazes de suprir as futuras demandas por alimentos nos próximos anos é por meio da agricultura de precisão, esta que deve seguir intimamente ligada à agricultura 4.0, ou como também é chamada, agricultura digital. Ainda segundo os autores, a agricultura 4.0 surgiu para auxiliar a agricultura de precisão em seus princípios, aos poucos foram sendo agregadas novas tecnologias que possibilitavam maior conectividade na captura de dados em campo enquanto geravam informações úteis para o produtor. Entre essas tecnologias computacionais se destacam a *Internet of Things* (IoT), *Big Data, Cloud Computing Machine Learning* e o desenvolvimento de inteligências artificiais para uso em campo, essa evolução traz consigo um vasto número de possibilidades para fazer a agricultura cada vez mais inteligente e competitiva.

Segundo Pitovo *et al*. (2018), a integração de tecnologias de informação e comunicação no maquinário dos sistemas de produção agrícola junto com a incorporação gradual da automação em seu processo fazem com que seja gerado um grande volume de dados e informações, uma agricultura inteligente necessita da transmissão e da concentração desses dados nos sistemas de armazenamento remoto, assim possibilitando maior precisão na tomada de decisões para o sistema produtivo.

Sendo os dados produzidos desde a pré-produção, passando pela fase de produção até a pós-produção, garantindo assim vantagens competitivas e benefícios socioambientais (MASSRUHÁ *et al*., 2020). Ainda segundo os autores, a agricultura digital na pré-produção utiliza de informações que garantem melhoramento genético de plantas e animais, tornando-

os mais resistentes a doenças e variações climáticas. Na fase de produção, ocorre a chamada automação rural, fazendo o uso de drones, satélites e sensores colocados nas plantas, animais, solo e no maquinário, todos conectados remotamente entre eles mesmos e com a central onde é feita a coleta de dados. Em seguida, na pós-produção, ocorre um monitoramento do mercado e toda a administração dos produtos nas suas etapas de armazenamento, entrando a parte de logística.

As fazendas digitais ou fazendas inteligentes (*smart farms*) são amplamente automatizadas e monitoradas por sensores espalhados por todo o estabelecimento agropecuário conectados entre si e a uma rede de computadores formando assim a *IoT* que geram grande quantidade de dados (*big data*) estes sendo filtrados e armazenados (computação em nuvem) e depois analisados. A quantidade de dados torna inviável o uso de mão de obra humana para serem gerenciados, fazendo-se necessário o auxílio de algoritmos aprimorados por técnicas de inteligência computacional (*Analytics*). O ciclo só é fechado após análise por meio de comandos remotos ao maquinário equipado com GPS, estes por sua vez fazem apenas pequenas intervenções pontuais onde for necessário com a finalidade de otimizar a produção, acrescentar lucratividade e causar menos impactos ambientais. Todas as informações geradas durante o processo produtivo podem ser acessadas em detalhes por meio de dispositivos móveis (Massruhá, 2015).

Internet of Things (IoT)

A constante evolução da tecnologia traz consigo maneiras inovadoras de gerenciamento e organização de informações, sendo grande parte dessas inovações possíveis apenas pelo uso das tecnologias sem fio, estas que proporcionaram um novo meio alternativo para as empresas saírem na frente de seus concorrentes. No meio de tantas inovações surgiu o que é chamado de *Internet of Things* (IoT), traduzindo, Internet das Coisas, ela possui uma particularidade bastante notável, trazendo conectividade aos objetos, interligando-os e permitindo a comunicação entre eles. Além de proporcionar maior viabilidade da aplicação da Industria 4.0, a qual é considerada por muitos como a quarta revolução industrial, possuindo a IoT como um dos seus pilares (SOUZA, 2019).

O termo *Internet of Things* foi definido em 1999 para representar um sistema ou plataforma onde uma variedade de objetos pode se interligar entre si através da internet. Sendo um conjunto de tecnologias as quais são inclusos sensores, redes de comunicação e sistemas de controle, utilizadas em uma variedade de atividades (na agricultura de precisão é nomeada de "*Agricultural Internet of Things*"), cada uma com funcionalidade diferente. As plataformas de IoT seguem uma sequência de fases: inicialmente tem a *coleta* de dados através de sensores e dispositivos em qualquer sistema; a *comunicação*, a qual é responsável por enviar dados e acontecimentos por meio de uma rede para um local predeterminado como plataformas de nuvem (cloud/data centers); após isso tem a fase de *análise* onde são criadas informações a partir dos dados recebidos permitindo a

sua visualização, criação de relatórios etc.; e por fim, na fase de *ação* é possibilitado o desencadeamento de um processo baseado nos dados e informações como a comunicação com outras máquinas, mensagens de texto, entre outras. Na agricultura de precisão, o uso das IoT engloba a utilização de sensores de radiação solar, temperatura e humidade do ar, teor de água no solo, redes e atuadores que permitem identificar as condições do meio (plantas, solo e ambiente) e atuando de acordo com os objetivos definidos (SANTOS, 2019).

Inteligência artificial na agricultura

Por tradição, os produtores costumam ir até os campos para monitorar a situação da lavoura e com isso tomar decisões baseadas em suas próprias experiências, porém essa prática não é sustentável, pois dentre outras razões, algumas lavouras são enormes, o que dificulta o gerenciamento total da área, isso levando em consideração os três critérios principais que serão guias para a agricultura nos próximos anos: eficiência, sustentabilidade e disponibilidade para as pessoas, e apesar da longa experiencia de alguns produtores a tecnologia é capaz de se tornar uma ferramenta mais sistemática de detectar problemas que são difíceis de serem observados apenas pela inspeção visual (SAIZ-RUBIO; ROVIRA-MÁS, 2020). Junto com o novo modelo de agricultura que vem sendo cada vez mais adotado por parte dos produtores, a inteligência artificial (IA) também vem ganhando espaço no sistema produtivo no campo, auxiliando em colheitas mais saudáveis, controle de pragas, monitoramento do solo e das condições do cultivo, organização de dados, além de proporcionar uma melhoria nas condições de uma amplitude de atividades relacionadas à agricultura ao longo de toda sua cadeia produtiva e ainda analisar condições climáticas, de temperatura e a utilização da água permitindo assim tomada de decisões mais rápidas (FONSECA, 2020).

É possível pensar na IA como um tipo de simulação da capacidade de pensamento abstrato, criativo, dedutivo e com capacidade de aprender, isso usando a lógica digital e binária dos computadores (MARR, 2019), assim, Lobo (2018) define a inteligência artificial como um ramo da ciência da computação que tem o objetivo de desenvolver sistemas capazes de simular a capacidade humana de detectar um problema, identificá-lo, e assim resolvê-lo, podendo ainda propor tomadas de decisões.

Para contribuir em grande escala com o aumento da produtividade, a inclusão de tecnologias como a inteligência artificial atua por meio de novas máquinas, drones e equipamentos para agricultura de precisão, dispositivos robóticos gerenciam plantações através de vistorias e captação de imagens. Os veículos aéreos não tripulados (VANTs) realizam o trabalho de fornecer resoluções espaciais em grau de centímetros, além de uma resolução temporal nas quais são programadas em função da hora, do dia e das condições do tempo que mais seja adequado a obtenção de imagens, permitindo o estudo de biomassas, identificação e quantificação de espécies daninhas dificilmente controladas

(SANTOS, 2019; SOUZA, 2018; TATEISI *et al.* 2021).

O mercado global de inteligência artificial na agricultura segue em constante crescimento, no ano de 2017 foi avaliado em cerca de US $ 545 milhões e é previsto que em 2024 alcance um valor em torno de US $ 2.075 milhões, representando um aumento de 21% em seu CAGR (Compound Annual Growth Rate, ou taxa de crescimento anual composta), isso graças ao grande impacto causado no espaço agrícola motivada pela capacidade de aumento na produção agrícola para atender à crescente demanda de alimentos. Visto que os seres humanos por mais capacitados e eficientes que possam ser ainda necessitam de descanso e são sujeitos a falhas em suas decisões, já as máquinas não requerem um horário específico para funcionarem, além de que a IA podem ser capazes de aprender além do que é programado, tornando as escolhas em campo cada vez mais adequadas (ALVARENGA, 2020).

Drones na agricultura digital

De acordo com a Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC é chamado "drone" tanto as pequenas aeronaves controladas remotamente utilizadas para atividades de lazer, quanto aqueles de uso mais profissional como os usados para atividades militares, atividades agrícolas ou construções civis, também sendo conhecidos como VANTs - veículos aéreos não tripulados (GIRALDELLI, 2019).

Os drones hoje em dia são fundamentais na agricultura digital, eles auxiliam em diversos fatores no meio agrícola sendo capazes de fazer um acompanhamento da lavoura por meio de fotografias aéreas que detectam falhas no plantio, infestações de plantas daninhas bem como ataque de pragas e falhas na irrigação, essas informações tornam possível uma rápida tomada de decisões, evitando ou reduzindo percas de produtividade. Outros pontos aos quais os drones podem ser úteis é na demarcação de áreas, facilitando a escolha das melhores áreas para plantio, também são importantes no monitoramento da fazenda, assim como no monitoramento da pecuária (contagem de animais, detecção de animais doentes e na observação das condições dos pastos). A utilização de drones na pulverização é capaz de reduzir bastante os gastos com produtos fitossanitários, além de tornar esse processo mais rápido, o motivo disso é a aplicação mais eficiente dos fitossanitários, apenas onde é necessário, e ainda reduz o risco de exposição dos trabalhadores a esses produtos químicos (GIRALDELI, 2019).

Biotecnologia na agricultura – um panorama sobre o melhoramento vegetal

É de conhecimento comum que o planeta vem passando por uma série de mudanças climáticas causadas principalmente pelo aumento na temperatura atmosférica, segundo a previsão do cenário climático para as próximas décadas, é revelado um aumento na intensidade de eventos extremos, como longos períodos de calor e seca, precipitações pesadas, inundações, entre outros. Essas mudanças climáticas são tidas como principais causadoras de prejuízos na produtividade de regiões como América do Sul, África, e Ásia

nos anos de 1981 a 2010 (IIZUMI; RAMANKUTTY, 2016; MBOW *et al.*, 2019).

Diante do cenário atual e das previsões para o futuro é necessário que sejam adotadas medidas de mitigação e adaptação, como exemplo de estratégia adaptativa que é de grande urgência para o aumento sustentável da produtividade agrícola nos próximos anos tem-se o desenvolvimento de variedades mais bem adaptadas e tolerantes a condições extremas de climas. O aumento da tolerância às altas temperaturas e restrições hídricas nas fases de maior carência do ciclo de desenvolvimento de uma cultura promove a seleção dessa planta para uso em programas de melhoramento para a criação de novas cultivares. Esses programas de melhoramento utilizam ferramentas de biotecnologia como edição gênica, transgenia, marcadores moleculares e técnicas de fenotipagem mais precisas e em larga escala para acelerar a disponibilidade de genótipos adequadamente adaptados às condições de clima de regiões específicas (YASSITEPE, *et al.*, 2020).

O melhoramento genético dos vegetais possui um importante papel na preservação do ambiente, pois contribui de forma significativa na diminuição da quantidade de insumos agrícolas, tais como fertilizantes, pesticidas e herbicidas, promovendo assim a sustentabilidade agrícola, além de contribuir para o aumento da produtividade nas lavouras (CARNEIRO, 2018). Ainda segundo o autor, o melhoramento genético permite uma maior produção de culturas que são fonte de combustíveis renováveis, tornando-os mais viáveis e rentáveis.

Com os programas de melhoramento vegetal também é possível transformar os genes das plantas introduzindo genes de interesse advindos de espécies exóginas, filogeneticamente distantes ou não, no genoma funcional das espécies desejadas. Esses genes são o diferencial da nova cultivar produzida em relação as outras, sendo consideradas “cultivares elite”. A cultivar resultante desse processo é geralmente referida como organismo geneticamente modificado, é uma técnica muito vantajosa quando se deseja transferir ao genoma da espécie de interesse uma característica especifica ligada a poucos genes (ARAÚJO; SANTOS, 2017).

Com isso, é criada uma variedade de uma espécie vegetal com atributos de maior interesse econômico, podendo ser resistentes a vírus, pragas e mudanças climáticas. As sementes resultantes são chamadas de transgênicas, sendo consideradas a resposta para grande parte dos problemas agrícolas mundiais, chegando a aumentar a produtividade, reduzir os custos de produção, produzir alimentos em melhor qualidade, além de serem menos agressivas ao meio ambiente. O cultivo dos geneticamente modificados para fins de consumo humano e animal, plantio comercial ou geração de sementes é aprovado por 67 países, e isso causa um impacto positivo para a segurança alimentar, sustentabilidade e para o embate contra as mudanças climáticas (FERRO; PAIXÃO; SILVA, 2021).

Segundo dados do Serviço Nacional para Aquisição de Aplicações em Agrobiotecnologia (ISAAA), referente ao total de áreas plantadas com sementes transgênicas no mundo o Brasil é detentor de 26% dessa área global de biotecnologia

agrícola, com destaque para as culturas da soja, milho e algodão, sendo que em 2017 houve um crescimento no número de áreas plantadas de soja e algodão ocorrido pelos preços favoráveis que proporcionavam maior rentabilidade, além da alta demanda do mercado interno e externo. O uso dos transgênicos vem se destacando e ganhando cada vez mais espaço na agricultura, sendo que em 2017 foram cultivados cerca de 189,8 milhões de hectares com transgênicos (ISAAA, 2018).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para o ser humano, conviver com tecnologia em seu dia a dia se tornou algo comum e até indispensável para determinadas atividades. Não é diferente para a agricultura, esta que desde seu surgimento vem sofrendo uma série de mudanças na sua forma de ser feita, e que agora vem se tornando cada vez mais conectada e inteligente. A agricultura de precisão surgiu para causar grandes impactos no sistema de produção agrícola sendo presente em praticamente todas as atividades no campo desde o preparo do solo até a colheita, possibilitando um maior aproveitamento da área agricultável e dos recursos essenciais, causando ainda uma redução nos riscos de contaminação ambiental.

Com o intuito de complementar a AP, novas tecnologias foram sendo inseridas no campo integradas com a conectividade pela internet, e assim surgiu a agricultura 4.0 ou como também é chamada agricultura digital. Estando presente desde a pré-produção até a pós-produção, existindo monitoramento por meio de sensores espalhados por toda a lavoura, os quais geram uma grande quantidade de dados que podem ser acessados por meio de dispositivos móveis. Esse conjunto de tecnologias somado ao uso de sementes melhoradas são capazes de elevar tanto a qualidade quanto a quantidade de produtos agrícolas, garantindo uma maior lucratividade ao produtor.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, A. **Inteligência artificial na agricultura**. Rehagro, 2020. Disponível em: https://rehagro.com.br/blog/inteligencia-artificial-na-agricultura/. Acesso em: 24 jun. 2021.

AMORIM, G. S.; WEBER, C.; COSTA, N. L.; CORONEL, D. A. **Cadeias globais e valor:** a inserção do agronegócio brasileiro. Anais do \seminário Internacional sobre Desenvolvimento Regional. Santa Cruz do Sul: UNISC, 2019.

ARAUJO, W. A.; SANTOS, C. E. M. **Melhoramento genético de plantas no século XXI**. *In*: Agronomia: colhendo as safras do conhecimento. Alegre-ES: CCAE-UFES, 2017. cap. 4, p. 93 - 115.

BOSCH. **O que é agricultura de precisão e como ela funciona na prática?**. Bosch no Brasil, 2020. Disponível em: https://www.bosch.com.br/noticias-e-historias/agronegocio/agricultura-de-precisao/. Acesso em: 3 jun. 2021.

CARNEIRO, V. Q. **Aplicativos computacionais para o melhoramento genético fundamentados em análise de imagens e inteligência computacional**. 2018. 127 p. Tese (Pós-Graduação em Genética e Melhoramento,) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2018.

CASTANHO, R. B.; TEIXEIRA, M. E. S. **A evolução da agricultura no mundo**: da gênese até os dias atuais. Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium, v. 8, n. 1, p. 136-146, 2017.

COELHO, J. P. C.; SILVA , J. R. M. **Agricultura de Precisão**: Inovação e Tecnologia na Formação Agrícola. 1. ed. Lisboa: AJAP, 2009. 125 p. ISBN 978-989-8319-04-3. Disponível em: http://hdl.handle.net/10961/3909. Acesso em: 6 jul. 2021.

DERANI, C.; SCHOLZ, M. C. **A injustiça ambiental das externalidades negativas das monoculturas para commodities agrícolas de exportação no Brasil**. Revista de Direito Agrário e Agroambiental, v. 3, n. 2, p. 1-25, 2017.

ESPERIDIÃO, T.L.; DOS SANTOS, T.C.; AMARANTE, M. S. **AGRICULTURA 4.0**. Revista Pesquisa E Ação, v. 5, n. 4, p. 122-131, 2019.

FERRO, A. C.; PAIXÃO, A. K. L.; SILVA, J. A. **Agricultura Transgênica como Ferramenta para o Desenvolvimento Sustentável e Econômico**. Diversitas Journal, v. 6, n. 2, p. 2827-2838, 2021.

FONSECA, A. **Como a inteligência artificial vem transformando a agricultura**. Whow! Inovações para negócios, 3 abr. 2020. Disponível em: https://www.whow.com.br/tecnologia/inteligencia-artificial-vem-transformando-agricultura/. Acesso em: 22 jun. 2021.

GIRALDELI, A. L. **Drones na agricultura:** Como eles te ajudam a lucrar mais. Lavoura10, 5 abr. 2019. Disponível em: https://blog.aegro.com.br/drones-na-agricultura/. Acesso em: 28 abr. 2021.

IIZUMI, T.; RAMANKUTTY, N. **Changes in yield variability of major crops for 1981–2010 explained by climate change**. Environmental Research Letters, v. 11, n. 3, article 034003, 2016. DOI: 10.1088/1748-9326/11/3/034003.

ISAAA. Situação Global dos Cultivos de Transgênicos em 2017. Disponível em: https://d335luupugsy2.cloudfront.net/cms/files/50569/15306214042018-07-03-ISAAA-Resumo-Executivo.pdf. Acesso em: 28 jun. 2021.

JUNGES, R. **Uma Breve História da Mecanização Agrícola**. Auster tecnologia, 8 ago. 2019. Disponível em: https://www.austertecnologia.com/single-post/mecanizacao-agricola-historia. Acesso em: 1 abr. 2021.

LOBO, Luiz Carlos. **Inteligência artificial, o Futuro da Medicina e a Educação Médica**. Revista Brasileira de Educação Médica, v. 42, n. 3, p. 3-8, 2018.

MARR, B. **O Que É IA?**. Bernard Marr & Co. Intelligent Business Performance, 2019. Disponível em: https://www.bernardmarr.com/default.asp?contentID=963. Acesso em: 23 jun. 2021.

MASSRUHÁ, S. M. F. S. **Tecnologias da informação e da comunicação: o papel na agricultura**. AgroANALYSIS, v. 35, n. 9, p. 29-31, 2015.

MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. A.; JUNIOR, A. L.; EVANGELISTA, S. R. M. **A transformação digital no campo rumo à agricultura sustentável e inteligente**. Embrapa Informática Agropecuária, 2020.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo:** do neolítico à crise contemporânea. [Tradução de Cláudia F. Falluh Balduino Ferreira]. São Paulo: UNESP, 2010.

MBOW, C. C.; ROSENZWEIG, L. G.; BARIONI, T. G.; BENTON, M.; HERRERO, M.; KRISHNAPILLAI, E.; LIWENGA, P.; PRADHAN, M. G.; RIVERA-FERRE, T.; SAPKOTA, F. N.; TUBIELLO, Y. XU. Food security. In: SHUKLA, P. R.; SKEA, J.; BUENDIA, E. C.; MASSON-DELMOTTE, V.; PÖRTNER, H. O.; ROBERTS, D. C.; ZHAI, P.; SLADE, R.; CONNORS, S.; VAN DIEMEN, R.; FERRAT, M.; HAUGHEY, E.; LUZ, S.; NEOGI, S.; PATHAK, M.; PETZOLD, J.; PEREIRA, J. P.; VYAS, P.; HUNTLEY, E.; KISSICK, K.; BELKACEMI, M.; MALLEY, J. **Climate Change and Land**: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019. p. 437-550.

MENDES, L. G. **Guia para iniciantes sobre Agricultura de Precisão (AP)**. Lavoura10, 16 maio 2018. Disponível em: https://blog.aegro.com.br/agricultura-de-precisao/. Acesso em: 3 jun. 2021.

OLIVEIRA, A. J.; SILVA, G. F.; SILVA, G. R.; SANTOS, A. A.; CALDEIRA, D. S. A.; VILARINHO, M. K.; BARELLI, M. A. A. **Potencialidades da utilização de drones na agricultura de precisão**. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 9, p. 64140-64149, 2020.

Pib do agronegócio alcança participação de 26,6% no pib brasileiro em 2020. Superintendência técnica da CNA e Cepea, 10 mar. 2021. Disponível em: https://www.cnabrasil.org.br/boletins/pib-do-agronegocio-alcanca-participacao-de-26-6-no-pib-brasileiro-em-2020. Acesso em: 2 abr. 2021.

PIVOTO, D.; WAQUIL, P. D.; TALAMINI, E.; FINOCCHIO, C. P. S.; CORTE, V. F. D.; MORES, G. V. **Scientific development of smart farming technologies and their application in Brazil**. Information processing in agriculture, v. 5, n. 1, p. 21-32, 2018.

RESENDE, A. V.; SHIRATSUCHI, L. S.; VILELA, M. F.; COELHO, A. M.; CORAZZA, E. J.; INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. C. C.; BASSOI, L. H.; NAIME, J. M. **Agricultura de precisão no Brasil:** avanços, dificuldades e impactos no manejo e conservação do solo, segurança alimentar e sustentabilidade. In: reunião brasileira de manejo e conservação do solo e da água, Teresina, PI: Embrapa Meio-Norte: Universidade Federal do Piauí, 2010.

SAIZ-RUBIO, V.; ROVIRA-MÁS, F. **Da agricultura inteligente à agricultura 5.0:** Uma revisão sobre a gestão de dados de culturas. Agronomia , v. 10, n. 2, pág. 207, 2020.

SANTOS, C. G. **Monitoramento aéreo e diagnóstico de plantas daninhas de difícil controle no sudoeste goiano**. 2019. 65 p. Dissertação (Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde - GO, 2019. Disponível em: https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/610. Acesso em: 24 jun. 2021.

SANTOS, F. A. **A Internet das Coisas aplicada à agricultura**, 2019. Disponível em: https://fsantos.utad.pt/pub-fas/20IoT_FAS_Agricultura.pdf. Acesso em: 12 jun. 2021.

SOUZA, M. R. Q. **Estimativa de biomassa de trigo usando imagens de alta resolução espacial a partir de veículo aéreo não tripulado**. 2018. 108 p. Dissertação (Mestre em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018. Disponível em: http://hdl.handle.net/10183/189943. Acesso em: 24 jun. 2021.

SOUZA, W. R. **Utilização do conceito de internet das coisas associada a tecnologia de identificação por radiofrequência (rfid) na gestão de estoque de facas de corte de uma indústria gráfica**. 110 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel no curso de Ciência da Computação) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, CRICIÚMA, 2019. Disponível em: http://repositorio.unesc.net/handle/1/8192. Acesso em: 10 jun. 2021.

TATEISI, N. Y.; MORAES, G. C.; AGUIAR, L. S.; MENDONÇA, M.; PALÁCIOS, R. H. C.; GODOY, W. F.; MARTINS, L. F. B.; BREGANON, R. **Inteligência artificial aplicada na robótica**. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 3, p. 26730-26741, 2021.

VIAN, C. E. F.; JÚNIOR, A. M. A.; BARICELO, L. G.; SILVA, R. P. **Origens, evolução e tendências da indústria de máquinas agrícolas**. Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 51, n. 4, p. 719-744, 2013.

VILLAFUERTE, A. M.; VALADARES, F. G.; CAMPOLINA, G. F.; SILVA, M. G. P. **Agricultura 4.0 - estudo de inovação disruptiva no agronegócio brasileiro**. In: 9th International Symposium on Technological Innovation. 2018, Aracaju/SE. v. 9, n. 1, p. 150-162.

YASSITEPE, J. E. C. T.; DANTE, R. A.; GERHARDT, I. R.; FERNANDES, F. R.; SOUZA, R. S. C.; ARMANHI, J. S. L.; SILVA, V. C. H.; RIBEIRO, A. P.; SILVA, M. J.; ARRUDA, P. **Genômica aplicada às mudanças climáticas: biotecnologia para a agricultura digital**. Embrapa Informática Agropecuária, 2020.

CAPÍTULO 4

CAULE DECOMPOSTO DE BABAÇU E CAIXA TETRA PAK COMO TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS NO DESEMPENHO DE MUDAS DE CARAMBOLEIRAS CULTIVAR 'B-17'

Data de aceite: 01/02/2022
Data de submissão: 09/02/2022

Samuel Ferreira Pontes
Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas
Bom Jesus – Piauí
http://orcid.org/0000-0001-7696-3629

Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos
Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais
Chapadinha – Maranhão
http://orcid.org/0000-0002-8908-2297

Ana Paula de Almeida Sousa
Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais
Chapadinha – Maranhão
http://orcid.org/0000-0002-1790-7114

Janaiane Ferreira dos Santos
Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais
Chapadinha – Maranhão
http://orcid.org/0000-0003-0152-5725

Gabriela Sousa Melo
Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais
Chapadinha – Maranhão
http://orcid.org/0000-0002-3538-568X

Ramón Yuri Ferreira Pereira
Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas
Bom Jesus – Piauí
http://orcid.org/0000-0001-7600-1868

RESUMO: O custo de produção de mudas de caramboleira é uma das etapas mais caras no sistema de produção. O preço elevado estar associado principalmente ao uso de substrato comercial. Para superar essa limitação, muitos agricultores vêm utilizando substrato regional e tecnologias disponíveis. O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de mudas de caramboleira 'B-17' em substrato formulado a base de areia e caule decomposto de babaçu em caixas Tetra Pak. A pesquisa foi realizada em casa de vegetação com 50% de luminosidade. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com seis tratamentos, quatro repetições e quatro plantas por parcela. Os tratamentos consistiram em diferentes substratos (S), contendo caule decomposto de babaçu (CDB) e areia, onde: S1 - 100% areia; S2 - 20% CDB + 80% areia; S3 - 40% CDB + 60% areia; S4 - 60% CDB +40% areia; S5 - 80% CDB + 20% areia; S6 - 100% CDB. Utilizou-se caixas Tetra Pak como recipiente de armazenamento de substratos. Os dados foram submetidos à análise de variância, para diagnóstico de efeito significativo, e os tratamentos comparados entre si pelo teste Duncan ao nível de 5% de probabilidade. A utilização de caule decomposto de babaçu acrescido ao solo melhora as condições físicas e químicas do substrato. Diante disso conclui-se de forma direta que o caule decomposto de babaçu acrescido à areia juntamente com o uso de caixas Tetra Pack são uma alternativa interessante para redução de custos na produção de mudas de caramboleira.

PALAVRAS-CHAVE: Fruticultura. Conservação. Inovação. Sustentabilidade.

USING DECOMPOSED BABASSU STEM AND TETRA PAK BOXES AS ALTERNATIVE TECHNOLOGIES FOR PRODUCING STAR FRUIT TREE CULTIVAR 'B-17' SEEDLINGS

ABSTRACT: The cost of producing star fruit seedlings is one of the most expensive steps in the production system. The high price is mainly associated with the use of commercial substrate. To overcome this limitation, many farmers have been using regional substrate and available technologies. The objective of this work was to evaluate the production of star fruit tree 'B-17' seedlings in substrate consisting of sand and decomposed babassu stem in Tetra Pak boxes. The research was carried out in a greenhouse with 50% luminosity. The experimental design was completely randomized, with six treatments, four replicates and four plants per plot. The treatments consisted of different substrates (S), containing decomposed babassu stem (DBS) and sand at the following proportions: S1 - 100% sand; S2 - 20% DBS + 80% sand; S3 - 40% DBS + 60% sand; S4 - 60% DBS +40% sand; S5 - 80% DBS + 20% sand; S6 - 100% DBS. Tetra Pak boxes were used as a substrate storage container. The data was submitted to an analysis of variance to determine significant effects, and the treatments were compared to each other by the Duncan test at 5% probability. Adding decomposed babassu stem to the soil improved the physical and chemical conditions of the substrate. Therefore, using decomposed babassu stems along with sand in Tetra Pac boxes is an interesting alternative to reduce costs in the production of star fruit tree seedlings.
KEYWORDS: Fruit growing. Conservation; Innovation. Sustainability.

1 | INTRODUÇÃO

A caramboleira (*Averrhoa carambola* L.), que dá origem a carambola, é originária da Ásia tropical, possivelmente na Índia. Essa frutífera pertencente à família oxalidaceae, foi introduzida no Brasil pela região Nordeste onde posteriormente espalhou-se, a partir desta região, por todo o litoral brasileiro (OLIVEIRA et al., 2015).

No Brasil seu cultivo se dá em maior parte por meio de plantas proveniente de pés-francos, pois a partir do momento em que uma planta enxertada começa a produzir ocorre o acamamento devido a planta não estar preparada para suportar o peso das frutas. Os pés-francos, com a idade de desenvolvimento produtivo, apresentam todo a resistência física necessária para produção, em especial, produtividade em escala comercial que precisa de uma elevada quantidade de frutas para atender o mercado.

Uma das características que torna a carambola atrativa é o seu formato de estrela, sua forma de ser consumida é bastante diversificada e as cultivares desta frutífera são classificadas no grupo doce e ácido. A caramboleira, quando disseminada por sementes, apresenta grande variabilidade genética na qual é expressa pelo porte, formato da copa, produtividade, tamanho e qualidade das frutas (LIRA JÙNIOR et al., 2014).

A produção de mudas de caramboleira com adequado estado nutricional é um dos fatores primordiais que determinam o sucesso na implantação do pomar, podendo promover a precocidade da produção (ROZANE et al., 2011). Se tratando de pomar, ocorrem gastos

elevados com substrato na produção de mudas, assim, uma alternativa interessante para redução de custos seria a utilização de substrato regional.

Um dos materiais que se destacam no uso como substrato regional é o caule decomposto de babaçu (*Attalea speciosa* Mart.). Este material é amplamente utilizado como substrato alternativo para produção de mudas de diversas culturas por apresentar suprimentos necessários para o desenvolvimento das mudas produzidas (CORDEIRO et al., 2018; PONTES et al., 2020; PONTES et al., 2021; ANDRADE et al., 2021).

Aliada ao uso de caule decomposto de babaçu a reutilização de caixas Tetra Pack é também outra alternativa interessante. Segundo Lokahita et al. (2017) a reciclagem de embalagens Tetra Pak traz o benefício de reduzir a necessidade de material virgem e reduzir a poluição do ar, assim, podendo ser uma alternativa de utilização na produção de mudas de caramboleira.

Na literatura não há informações sobre a utilização deste substrato na produção de mudas de caramboleira. Diante do exposto, objetivou-se avaliar a produção de mudas de caramboleira cultivar 'B-17' em substrato formulado a base de areia e caule decomposto de babaçu em caixas Tetra Pak.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado e conduzido em casa de vegetação com tela sombrite 50% de luminosidade, localizada no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA), Universidade Federal do Maranhão (UFMA), sob as coordenadas: 03º44'17" de latitude Sul, 43º20'29" de longitude Oeste e altitude média de 107 m. O clima da região é caracterizado como Tropical Úmido, pela classificação de Köppen. A região possui precipitação média anual de 1613,2 mm e temperatura média anual de 27,9°C (PASSOS et al., 2016).

Foi adotado delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos, quatro repetições e quatro plantas por parcela. Os tratamentos consistiram nas proporções de substratos (S) formulados a partir de caule decomposto de babaçu (CDB) e areia, onde: S1- 100% areia; S2-20% de CDB + 80% areia; S3-40% CDB + 60% areia; S4-60% CDB + 40% de areia; S5-80% CDB + 20% areia e S6- 100% CDB.

O caule decomposto de babaçu foi coletado em floresta onde as palmeiras de babaçu se encontravam caídas pela ação da natureza e em decomposição devido a passagem de tempo em exposição às condições edafoclimáticas da localidade e, posteriormente, foi peneirado em malha de 8 mm, para facilitar homogeneização durante a formulação dos substratos (PONTES et al., 2020).

Como recipientes de acondicionamento de substratos utilizou-se caixas de leite Tetra Pack, de dimensões 15 cm x 9,5 cm x 6,2 cm, recolhidas em domicílios na cidade de Chapadinha - MA com o propósito de incentivar, por meio da presente pesquisa, as pessoas a reutilizarem antes de descartar para o lixo. Cada unidade recebeu quatro furos

na parte inferior fara facilitar o fluxo de oxigenação e drenagem de água.

Posteriormente todas as caixas, de tamanho uniforme, foram lavadas com o intuito de remover resíduos de leite, secas e preenchidas com os substratos formulados com o auxílio de um recipiente de volume conhecido. Foi realizada a semeadura de uma semente de caramboleira a 1 cm de profundidade, e a irrigação realizada duas vezes ao dia por meio de um regador manual de 4 litros.

Previamente a montagem do experimento, realizou-se análise química e física dos substratos (Tabela 1 e 2), e uma análise granulométrica das amostras de areia que compôs os substratos. As amostras de areia apresentaram: 780 g/kg de areia total, 90 g/kg de silte e 130 g/kg de argila total, cuja classificação Latossolo Amarelo distrófico, com textura arenosa, conforme Santos et al. (2013).

Substratos	pH	CE	N	P	K	Ca	Mg	S
		dS m^{-1}	g kg^{-1}	mg kg^{-1}	------------cmolc kg^{-1}----------			
S1	5,06	0,10	0,63	13,00	0,07	0,80	0,30	1,5
S2	4,88	0,61	1,23	14,00	0,67	1,60	1,00	3,8
S3	5,11	1,36	1,46	13,00	1,82	3,20	1,70	7,6
S4	4,83	1,79	2,02	13,00	2,35	4,40	2,80	10,8
S5	5,16	3,00	3,47	27,00	6,17	10,90	4,60	24,6
S6	5,32	4,34	5,88	33,00	3,63	20,60	15,20	41,5

S1 – 100% areia; S2 – 20% CDB + 80% areia; S3 – 40% CDB + 60% areia; S4 – 60% CDB + 40% areia; S5 – 80% CDB + 20% areia; S6 – 100% CDB.

Tabela 1. Valores de pH, condutividade elétrica (CE) e teores totais de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), dos substratos a base de crescentes proporções de caule decomposto de babaçu e areia.

Substratos	Densidade global (g/cm³)	Densidade (g/cm³)	Porosidade (%)
S1	1,44	2,67	45,99
S2	1,28	2,64	51,53
S3	1,18	2,57	54,01
S4	0,98	2,24	56,22
S5	0,73	1,88	60,91
S6	0,33	0,97	65,95

S1 – 100% areia; S2 – 20% CDB + 80% areia; S3 – 40% CDB + 60% areia; S4 – 60% CDB + 40% areia; S5 – 80% CDB + 20% areia; S6 – 100% CDB.

Tabela 2. Densidade global (DG), densidade de partícula (DP) e porosidade (P) dos substratos a base de crescentes proporções de caule decomposto de babaçu e areia.

Aos 60 dias após a semeadura, fez-se a avaliação das seguintes variáveis: número de folhas (NF) - determinada pela contagem manual do número total de folhas completamente expandidas em cada planta; altura da planta (AP) (cm) – obtida pela medição da planta entre

o nível do solo e o ápice da planta, com o auxílio de uma régua; diâmetro do caule (DC) (mm) - aferido pelo posicionamento do paquímetro digital, na porção mediana do caule; comprimento radicular (CR) (cm) – mensurado do colo ao ápice da maior raiz com o auxílio de uma régua; volume de raízes (VR) (cm^3) - obtido por meio da medição do deslocamento da coluna de água em proveta (BASSO, 1999); massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa fresca radicular (MFR) (g) – definidas pela pesagem do material de parte aérea e sistema radicular em balança semi-analítica, respectivamente; massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca radicular (MSR) (g) – obtidas pela secagem do material em estufa de circulação forçada de ar, em temperatura de 65ºC, por 72 horas, com posterior pesagem em balança balança semi-analítica; e índice de qualidade de Dickson (IQD) - estimado pela Equação 1 descrita por Dickson et al. (1960), como demonstra a equação abaixo.

$$\mathrm{IQD} = \frac{\mathrm{MST\ (g)}}{\mathrm{AP(cm)/DC(mm)} + \mathrm{MSPA(g)/MSR(g)}} \quad (1)$$

Em que:

MST: massa seca total;

AP: altura da planta;

DC: diâmetro do caule;

MSPA: massa seca da parte aérea;

MSR: massa seca radicular.

Os dados foram submetidos à análise de variância, para diagnóstico de efeito significativo, e os tratamentos comparados entre si pelo teste Duncan ao nível de 5% de probabilidade, por meio do software R®.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da análise de variância constatou-se que houve efeito significativo ($p<0,05$) para todas as variáveis analisadas em relação à utilização de caule decomposto de babaçu, exceto para comprimento radicular (Tabela 3).

Substratos	NF	AP	DC	CR	VR
		---cm---	---mm---	---cm---	---cm³---
S1	12,50 b	8,93 b	2,08 b	22,62 a	2,17 bc
S2	10,67 b	9,60 ab	1,95 b	19,50 a	1,10 c
S3	10,88 b	12,31 ab	2,49 ab	21,44 a	1,52 c
S4	15,75 a	13,44 ab	2,66 a	20,45 a	3,12 b
S5	16,63 a	15,03 a	2,93 a	23,49 a	4,57 a
S6	10,25 b	8,63 b	1,83 b	20,46 a	1,28 c

CV(%)	14,55	28,10	12,61	14,11	2,48

S1 – 100% areia; S2 – 20% CDB + 80% areia; S3 – 40% CDB + 60% areia; S4 – 60% CDB + 40% areia; S5 – 80% CDB + 20% areia; S6 – 100% CDB; CV: coeficiente de variação; *: Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste D; ^{ns}: não significativo.

Tabela 3. Significância para as variáveis número de folhas (NF), altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), comprimento radicular (CR) e volume de raízes (VR) em mudas de caramboleira em função de crescentes proporções de caule decomposto de babaçu e areia.

O número de folhas obteve melhores rendimentos, 15,75 e 16,63, para 60% CDB + 40% areia (S4) e 80% CDB + 20% areia (S5) (Tabela 3). Este resultado contradiz o encontrado por Bastos et al. (2007), que ao avaliarem a produção de mudas de caramboleira em função de diferentes substratos alternativos e comerciais não encontraram diferença significativa para a variável NF. O resultado encontrado no presente trabalho ocorreu provavelmente devido aos teores de nutrientes contidos no substrato, com destaque para o nitrogênio, 2,02 e 3,47 g kg^{-1} (Tabela 1), que desempenha papel importante no desenvolvimento de folhas e altura da planta. Segundo Nunes et al. (2016) o nitrogênio resulta em maior número de folhas por planta e no aumento da parte aérea.

A altura da planta apresentou melhor rendimento, 15,03 cm, quando utilizou-se 80% CDB + 20% areia (S5) (Tabela 3). Este resultado se enquadra com o encontrado por Freitas et al. (2011) que observaram efeito significativo, para a altura da planta, na produção de mudas de caramboleira cultivadas em solução nutritiva. O resultado do presente trabalho se deu, provavelmente, devido ao conteúdo adequado de nitrogênio como mencionado anteriormente. Outros fatores que pode ter contribuído com esse resultado encontrado foi a influência de maior porosidade e menor densidade (Tabela 2) do substrato que pode ter contribuído com o fluxo de oxigênio e água, consequentemente a planta conseguiu absorver mais água e nutrientes, assim, ocasionando em maior AP.

O diâmetro do caule obteve melhores rendimentos, 2,66 e 2,93 mm, para 60% CDB + 40% areia (S4) e 80% CDB + 20% areia (S5) (Tabela 3). Rozane et al. (2011) ao avaliarem a produção de mudas de caramboleira cultivares ‘B-10 e ‘Golden Star’ constataram diferença significativa para a variável DC. O resultado encontrado nesta pesquisa ocorreu provavelmente devido aos teores dos elementos nutricionais, com destaque ao zinco. Segundo Lima Neto et al. (2015), ao avaliarem a influência do zinco no diâmetro do caule de caramboleiras, constatou que o zinco promove aumento do DC.

O comprimento radicular não apresentou influência com a utilização dos substratos testados (Tabela 3), entretanto, Bastos et al. (2007), ao avaliarem a produção de mudas de caramboleiras em substratos alternativos e comerciais verificaram diferença significativa na variável comprimento radicular quando utilizou mistura de terra + areia (1:1 v/v), indicando que pode ser excelente para a produção de mudas, e complementaram que isso provavelmente ocorreu devido às características físicas deste substratos ser compatível com a necessidade do desenvolvimento das mudas de caramboleira, fornecendo condições

ideais para a formação de raízes.

Para o volume radicular, o melhor resultado, 4,57 cm^3, foi obtido com a utilização do substrato 80% CDB + 20% areia (S5) (Tabela 3). Este resultado não se enquadra com o encontrado por Cordeiro et al. (2018) que não constataram diferença significativa no VR ao avaliarem a influência de substratos a base de caule decomposto de babaçu na produção de mudas de meloeiro.

É importante destacar que o comprimento e volume radicular são umas das variáveis mais importantes das mudas de caramboleira, devido ao fato de que quanto mais desenvolvidas maior será a exploração do solo pelo sistema radicular, e consequentemente, maior absorção de água e nutrientes. Isso acrescenta a probabilidade dos pés de caramboleiras produzirem carambolas em período de tempo menor e em maior quantidade.

A massa fresca da parte aérea apresentou maior média, 1,81 g, com o uso de 80% CDB + 20% areia (S5) e menor média no substrato 20% CDB + 80% areia (S2), assim, como nas demais variáveis analisadas, demostrando que o substrato S2 limita o desenvolvimento radicular e, como consequência, ocasiona baixo desenvolvimento da parte aérea (Tabela 4).

Substratos	MFPA	MFR	MSPA	MSR	IQD
		----------------	g	----------------	
S1	1,12 c	1,28 c	0,48 b	0,41 b	0,39 d
S2	0,53 d	0,46 d	0,18 d	0,12 cd	0,30 de
S3	1,12 c	1,11 c	0,31 c	0,24 c	0,55 d
S4	1,62 b	2,91 b	0,57 b	0,51 b	1,25 b
S5	1,81 a	3,41 a	0,61 a	0,64 a	2,21 a
S6	0,62 d	0,94 c	0,22 d	0,17 c	1,08 b
CV(%)	0,58	0,35	1,07	1,03	37,90

S1 – 100% areia; S2 – 20% CDB + 80% areia; S3 – 40% CDB + 60% areia; S4 – 60% CDB + 40% areia; S5 – 80% CDB + 20% areia; S6 – 100% CDB; CV: coeficiente de variação; *: Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste D; ^{ns}: não significativo.

Tabela 4. Médias e significância para as variáveis massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca radicular (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca radicular (MSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) em mudas de caramboleira em função de crescentes proporções de caule decomposto de babaçu e areia.

A massa fresca radicular obteve melhor rendimento, 3,41 g, quando se utilizou 80% CDB + 20% areia (S5), assim, como nas demais variáveis analisadas que melhor se desenvolveram nessa proporção de substrato. Quando utilizou-se o substrato 20% CDB + 80% areia (S2), a MFR obteve baixo rendimento de 0,46 g, que demonstra que pouco se desenvolveu. Apesar do tamanho da raiz do S2 não ter diferido estatisticamente dos

demais tratamentos, o volume da raiz foi inferior aos demais tratamentos no S2, o que demonstra o pouco desenvolvimento radicular quando se utiliza a proporção de 20% CDB + 80% areia, influenciando diretamente na MFR (Tabela 4).

A massa seca da parte aérea foi influenciada, 0,61 g, com a utilização de 80% CDB +20% areia (Tabela 4). Esse resultado se ajusta ao estudado por Mendes (2016) na avaliação do desenvolvimento da tagete – anão. Resultado diferente foi encontrado por Nascimento (2018), ao estudar o uso de substratos alternativos para o cultivo de pimenteira ornamental no Leste Maranhense.

No estudo feito por Andrade et al. (2017), avaliando o caule decomposto de babaçu como substrato para produção de mudas de melancieira obtiveram resultados diferentes a esse estudo, com melhor desenvolvimento da massa seca da parte aérea utilizando substrato comercial, assim, indicando que mudas de culturas diferentes nem sempre apresentam a mesma resposta para determinado substrato.

A massa seca radicular foi estimulada, 0,64 g, pelo uso de 80% BCB + 20% areia (Tabela 4). Esse resultado já era esperado devido ao fato de que a massa fresca da raiz apresentou melhor resultado nesse substrato. Quando a MFR é submetida a retirada de umidade na estufa toda a água do material vegetal é perdida para o ambiente ficando apenas a massa seca composta por fibras e nutrientes.

Para o índice de qualidade de Dickson (IQD), observou-se que as mudas de caramboleira 'B-17' apresentaram melhor qualidade, 0,64, no S4 (80% CDB + 20% de areia). Este resultado já era esperado devido as variáveis necessárias para obter-se o valor de IQD terem apresentado melhor rendimento utilizando-se este substrato. De acordo com Azevedo et al. (2010), o índice de qualidade de Dickson é um bom indicador da qualidade das mudas. Oliveira Neto et al. (2017) avaliando o IQD de mudas de melancieira e meloeiro produzidas em crescentes proporções de substratos a base de caule decomposto de babaçu encontraram valores inferiores, 0.022 e 0.030, comparados ao presente trabalho.

A utilização de caule decomposto de babaçu acrescido à areia melhora as condições físicas e químicas do substrato, através da retenção de água, nutrientes, oxigênio e transporte de dióxido de carbono entre as raízes e o ar externo.

O substrato contendo apenas caule decomposto de babaçu, apesar de conter excelente composição química e física, não é favorável para produção de mudas de caramboleira, devido ao excesso de porosidade e menor capacidade de retenção de água, ou seja, perde-se muita água para o ambiente. Assim, tornando-se desfavorável para a produção de mudas de caramboleira, visto que é uma cultura que demanda bastante por água. Rozane (2008), avaliando o crescimento e acúmulo de nutrientes em caramboleiras 'B10' e 'Golden-Star', concluiu que se houver déficit hídrico na fase inicial de desenvolvimento da cultura há limitação do acúmulo da massa da matéria seca e de nutrientes, o que retardará o início da produção.

A reutilização de caixas Tetra Pak mostrou-se visualmente favorável como

recipiente de armazenamento de substrato na produção de mudas de caramboleira. Esse favorecimento se deu por meio dessas embalagens serem eficientes no armazenamento de substratos e também por ter excelente suporte, ou seja, no processo de produção de mudas as caixas não caem, assim, mantendo-se firmes no local desejado pelo agricultor.

A reciclagem tem diversas vantagens, algumas delas são: evita desperdícios, economiza recursos e reduz o impacto na natureza, assim, indicando que as caixas Tetra Pak elas podem ser coletadas, com uso de técnicas relativamente simples, e recicladas para algo útil como por exemplo para a produção de mudas e consequentemente, auxiliar na conservação do meio ambiente. No processo de produção de mudas de caramboleira é viável a reutilização de caixas Tetra Pak, assim, contribuindo com a conservação do meio ambiente por meio da redução de impactos ambientais e redução de custos no processo de mudas por meio da aquisição de embalagens sem custos.

4 I CONCLUSÃO

A utilização de substrato alternativo, formulado a base de caule decomposto de babaçu acrescido à areia, promove benefícios no crescimento de mudas de caramboleira. Portanto, recomenda-se a sua utilização, na proporção de 80% de caule decomposto de babaçu mais 20% de areia, para a formação de mudas vigorosas de caramboleira 'B-17'.

A utilização de caixas Tetra Pack como recipiente alternativo apresenta eficiência como armazenador de substrato e suporte para produção de mudas de caramboleira. Diante disso, conclui-se de forma direta que o caule decomposto de babaçu acrescido à areia juntamente com o uso de caixas Tetra Pack são uma alternativa interessante para redução de custos na produção de mudas de caramboleira.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, H. A. F.; COSTA, N. A.; CORDEIRO, K. V.; OLIVEIRA NETO, E. D.; ALBANO, F. G.; SILVA-MATOS, R. R. S. Caule decomposto de babaçu (*attlea speciosa* mart.) como substrato para produção de mudas de melancieira. **Cultura Agronômica**, v. 26, p. 406-416, 2017.

ANDRADE, H. A. F.; MACHADO, N. A. F.; MATOS, R. R. S. S.; OLIVEIRA, A. R. F.; GARRETO, V. C.; LEITE, M. R. L.; PONTES, S. F.; SILVA, A. F.; ALBANO-MACHADO, F. G.; LOPES, P. R. C. Decomposed babassu biomassa reside enhances the initial development of cassava (Mahihot esculenta Crantz). **Australian Journal of Crop Science,** v. 15, p. 409-415, 2021.

AZEVEDO, I. M. G.; ALENCAR, R. M.; BARBOSA, A. P.; ALMEIDA, N. O. Estudo do crescimento e qualidade de mudas de marupá (Simarouba amara aubl) em viveiro. **Acta Amazônica**, v. 40, p. 57-164, 2010.

BASSO, S. M. S. Caracterização morfológica e fixação biológica de nitrogênio de espécies de Adesmia DC e Lotus L. 1999. 268p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BASTOS, D. C.; PIO, R.; SCARPARE FILHO, J. A.; LIBARDI, M. N.; ALMEIDA, L. F.P.; ENTELMANN, F. A. Diferentes substratos na produção de porta-enxertos de caramboleira. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, p. 312-316, 2007.

CORDEIRO, K. V; ANDRADE, H. A. F; OLIVEIRA NETO, E. D; COSTA, N. A. C; ROCHA, B. R; PONTES, S. F; MARZULLO, Y. O. T; PINTO, F. E. N; MACHADO, N. A. F; SILVA-MATOS, R. R. S. New substrates based on decomposed babassu (*Attalea speciosa* Mart.) stem in the production of melon seedlings. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 26, p. 1-7, 2018.

DI RIENZO, J. A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M. G.; GONZALES, L.; TABLADA, M.; ROBLEDO, C. W. Infostat version 2011. Grupo InFostat, Faculdade de Ciências Agropecuárias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, v. 8, p. 195-199, 2011.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle**, v. 36, p. 10-13, 1960.

FREITAS, N.; PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; TORRES, M. H.; AROUCA, M. B. Marcha de absorção de nutrientes e crescimento de mudas de caramboleira enxertada com a cultivar nota-10. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, p. 1231-1242, 2011.

LIMA NETO, A. J.; NATALE, W.; MODESTO, V. C. Resposta de porta-enxertos de caramboleira à adubação com zinco. **Brasileira de Fruticultura**, v.37, p.1074-1082, 2015.

LIRA JÚNIOR, J. S. Compostos antioxidantes em frutos de acessos de caramboleira em diferentes ambientes de Pernambuco. **Revista Brasileira de Fruticultura,** v.36, p. 813-819, 2014.

LOKAHITAA, B.; AZIZB, M.; YOSHIKAWAA, K; TAKAHASHIA, F. Energy and resource recovery from Tetra Pak waste using hydrothermal treatment. **Applied Energy**, v.207, p.107-113, 2017.

MENDES, K. da. R. Avaliação do desenvolvimento da tagete - anão sob o efeito de diferentes substratos formulados com materiais alternativos no estado do Maranhão. Universidade Federal do Maranhão, MA, 2016.

NUNES, A. R. A.; FERNANDES, A. M; LEONEL, M.; GARCIA, E. L.; MAGOLBO, L. A.; CARMO, E. L. Nitrogênio no crescimento da planta e na qualidade de raízes da mandioquinha-salsa. **Ciência Rural**, v.46, p.242-247, 2016.

OLIVEIRA NETO, E. D.; ROCHA, B. R. S.; SOUSA, A. P. A.; ALBANO, F.G.; SILVA-MATOS, R. R. S. Índice de qualidade de mudas de melancieira e meloeiro produzidas em substratos a base babaçu. **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC.** 8 a 11 de agosto de 2017.

OLIVEIRA, T. A. O. Conservação pós-colheita de carambola sob refrigeração com recobrimento de biofilme de gelatina e PVC. **Revista Verde**, v.10, p.59-66, 2015.

PASSOS, M. L. V.; ZAMBRZYCKI, G. C.; PEREIRA, R. S. Balanço hídrico e classificação climática para uma determinada região de Chapadinha-MA. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.10, p.758-766, 2016.

PONTES, S. F.; ALMEIDA, E. I. B.; SILVA-MATOS, R. R. S.; COSTA, S. M. D. M.; ARAÚJO, R. B.; MATOS, S. S.; SOUSA, W. S.; CORDEIRO, K. V.; SANTOS, J. F.; SILVA, T. F.; BARBOSA, R. S.; OLIVEIRA, P. S. T. Development of cabbage cultivar '60 days' seedlings on substrates formulated from babassu stem biomass. **Australian Journal of Crop Science,** v. 14, p. 1230-1235, 2020.

PONTES, S. F.; MATOS, R. R. S. S.; CORDEIRO, K. V.; SOUSA, M. O.; CARDOSO, J. P. S.; OLIVEIRA, P. S. T.; SILVA, T. F.; SANTOS, J. F.; SILVA, I. A. Utilização de substratos alternativos e substâncias húmicas para produção de mudas de gergelim. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais,** v.12, p.35-45, 2021.

ROZANE, D. E. Crescimento e acúmulo de nutrientes em caramboleiras nas fases de hipobioto, muda e plantas em formação. 2008. 137p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho"- unesp, Jaboticabal.

ROZANE, D. E.; PRADO, R. M.; NATALE, W.; ROMUALDO, L. M.; SOUZA, H. A.; SILVA, S. H. M. G. Produção de mudas de caramboleiras 'b-10' e 'golden star': i - parâmetros biológicos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, p.1303-1310, 2011.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.

CAPÍTULO 5

SCALING TO REAL SIZE OF THE IMPROVEMENTS IN THE RESISTANCE OF CONSTRUCTION ELEMENTS OF PLASTER AND COMMON REED (ARUNDO DONAX L.)

Data de aceite: 01/02/2022

Antonio Martínez Gabarrón
Universidad Miguel Hernández de Elche
Orihuela-Alicante-España

Francesco Barreca
Università degli Studi di Reggio Calabria
Reggio Calabria, Italy

José Antonio Flores Yepes
Universidad Miguel Hernández de Elche
Orihuela-Alicante-España

Joaquín Julián Pastor Pérez
Universidad Miguel Hernández de Elche
Orihuela-Alicante-España

ABSTRACT: This research pursues the promotion of the use of construction materials with a low carbon footprint, such as gypsum (calcium sulfate dihydrate) and common reed (Arundo donax L.), which represent a constructive model widely used until about half a century ago in the Mediterranean environment, mainly in rural areas, and which has been replaced by other materials such as concrete and steel, which require a greater consumption of energy and water to obtain it. In addition, we can't forget that the use of these materials would mean the valorization of the common reed, which is currently an invasive species in water channels, increasing the risk of flooding, and whose control involves a high cost. In previous works it has been possible to improve the resistance to bending of standardized plaster samples with cane compared to the traditional design, based on an improvement in the structural collaboration between the surfaces of both materials, reaching in the case of specimens with grooved reed increments of up to 116.2% compared to the traditional design (5.34 N/mm^2 versus 2.47 N/mm^2), while improving the break mechanism. These results have been applied to test pieces of real size slabs of 100mm width and 750mm long, adapting the methodology of the UNE-EN 13279.2 Part 2 to the aforementioned dimensions, with the loads provided by the Spanish CTE for slabs (8.292 kN /m^2), and for different thickness of specimens and diameters of reed, having satisfactorily verified the support of mentioned loads.

KEYWORDS: Sustainable construction, plaster, slab, common reed.

DIMENSIONAMENTO AO TAMANHO REAL DAS MELHORIAS NA RESISTÊNCIA DOS ELEMENTOS DE CONSTRUÇÃO DE GESSO E JUNCO COMUM (ARUNDO DONAX L.)

RESUMO: Esta pesquisa visa a promoção do uso de materiais de construção com baixa pegada de carbono, como o gesso (sulfato de cálcio di-hidratado) e o junco (Arundo donax L.), que representam um modelo construtivo amplamente utilizado até cerca de meio século atrás no Ambiente mediterrâneo, principalmente no meio rural, e que tem sido substituído por outros materiais como o concreto e o aço, que requerem um maior consumo de energia e água para sua obtenção. Além disso, não podemos esquecer que o uso desses materiais significaria

a valorização do junco, que atualmente é uma espécie invasora em canais de água, aumentando o risco de inundações, e cujo controle envolve um alto custo. Em trabalhos anteriores foi possível melhorar a resistência à flexão de corpos-de-prova padronizados de gesso com cana em relação ao desenho tradicional, a partir de uma melhoria na colaboração estrutural entre as superfícies de ambos os materiais, atingindo no caso de corpos-de-prova com incrementos de palheta ranhurada de até 116,2% em comparação com o design tradicional (5,34 N / mm2 versus 2,47 N / mm2), enquanto melhora o mecanismo de freio. Esses resultados foram aplicados a corpos-de-prova de lajes em tamanho real de 100mm de largura e 750mm de comprimento, adaptando a metodologia da UNE-EN 13279.2 Parte 2 às dimensões mencionadas, com as cargas fornecidas pelo CTE espanhol para lajes (8,292 kN / m2), e para diferentes espessuras de corpos de prova e diâmetros de palheta, tendo verificado de forma satisfatória o suporte das referidas cargas.
PALAVRAS-CHAVE: Sustainable construction, plaster, slab, common reed.

1 I INTRODUCTION

Among the limitations of resources that our planet has are undoubtedly two fundamental: water and fossil energy. In the case of the latter, in addition, its indiscriminate use has an important negative effect on global warming. Thus, a decrease in the use of these resources will mean, in the medium and long term, an environmental improvement of our planet.

Thus, a limited consumption of these resources is defended, so that the development of future generations is not compromised [1,2].

In the construction sector, the choice of materials can also influence the protection of the environment, if we choose those with lower water and carbon footprints throughout their life cycle (Barreca et al., 2017) [13]. Other factors can also be taken into account, such as its thermal insulation capacity (Barreca et al., 2013) [3], or a positive impact on the safety of river beds due to a common cane valorization (Flores, 2011) [4], as the one caused on the social and cultural environment, or human health (Rodríguez et al., 1999) [5].

In the same direction, the Spanish Technical Building Code (CTE) [6] promotes, according to European codes: “this demand for a higher quality of the building .... also answers to a new demand for sustainability of building and urbanization processes, in its triple environmental, social and economic dimension. “

The joint use of plaster and common cane has proven to be traditionally successful until the mid-20th century (Barreca, 2012) [7], both in walls, coatings or slabs, in new construction or restoration (Vegas and Mileto, 2011 [8]), having studied the possibilities of improvement for this last use, both in terms of resistance (5.34 N/mm^2 for slotted cane specimens compared to 2.47 N/mm^2 for traditionally designed specimens), and in the rupture mechanisms (Martínez-Gabarrón, 2012) [9], (Martínez-Gabarrón et al., 2014) [10], even though these research have been carried out with specimens of size 40x40x160mm

(100 mm distance between supports) according to the Standard UNE-EN 13279-2 March 2006 Part 2 [11].

With the experiments collected here, we intend to make a real-size scale of the aforementioned tests, for heavy-duty slabs with 700mm interlacing, choosing the section model tested with more favorable results [10], that is the one of plaster with grooved cane, as much by its improvements in the resistance, as by the mechanism of break, and the simplicity in the manufacture. And all this to verify the support capacity of the loads demanded by the Spanish CTE [6] for plant resistant slabs.

2 I MATERIALS AND METHODS

The following materials and devices have been used:

- Construction plaster (B1/8/2)
- Mains water for kneading
- Setting retarding additive (ADIFOC dosed at 6 ‰)
- Common cane (Arundo donax L.) grooved, 745mm long and 3 different diameters.
- Mixing tanks of plastic material of sufficient capacity.
- Electric mixer for manual use.
- Various pallets and spatulas.
- Hydrofuged and demoulding wood molds (Fig.2).
- Universal bench for mechanical tests of the Controls brand, adapted to the test of plaster samples 100x100x750mm dimensions, with load capacity of 150 kN, with pick up data of load and vertical displacement by means of Arduino and software MATLAB to PC, to visualize the break curves in real time (Fig.1).
- Digital micrometer of the Mitutoyo brand for measuring the vertical displacement, with a range of 0-13.6mm, connected to Arduino hardware (Fig.1)
- Precision scale +/- 5 gr
- Precision scale +/- 0.01 gr
- Vibratory machine, to improve the filling of holes in the molds
- Continuous cutting steel blade saw, for slitting the canes

Figure 1. Universal bench for mechanical test with test speciment in flexion zone (1). Detail of the micrometer positioning and appearance of the first crack (2). Data extraction with MATLAB and break curve N-mm (3).

The mixture has been made with a 0.4 water/plaster (A/Y) ratio, with a setting retarder has been added to allow greater workability, which in this case is essential since the plaster amounts are very voluminous to achieve the filling of the molds of 3 test pieces with 100x100x750mm dimensions per kneaded (up to 32.5 kg of plaster). Initially, test specimens of only plaster with 0.5 A/Y ratio were tested, with the retarder, and when an excess of fluidity was observed in the paste and in the mixing water, it was decided to reduce the A/Y ratio to 0.4, since the improvement in the mechanical properties, is well known, by reducing the proportion of mixing water, which is essential for the resistance objectives pursued in the slabs.

The test was carried out in accordance with the UNE-EN 13279-2 March 2006 Part 2 [11], except with that is related to the size of the test specimens (which has been increased to 100x100x750mm compared to the standard ones of 40x40x160mm) and to the drying procedure, which has been carried out in a laboratory atmosphere until constant mass, before to its test. Wood molds without pore and with a release agent have been used (Fig.2). The kneading has been done with the help of a fluid mixer.

Regarding the common cane, 3 diameters have been used, of the following ranges: 9-13mm/12-16mm/15-18mm, grooved every 20mm with grooves 2mm thick and 3mm deep (Fig.2).

For each test, 2 kneads of 3 test pieces each were made (6 test pieces per test). A total of 11 tests were carried out: 2 of test specimens 100mm thickness without cane (A/Y=0.5 and A/Y=0.4); 3 of 100mm thickness specimens with canes of different diameters (9-13mm/12-16mm/15-18mm); another 3 of 75mm thickness with the 3 cane diameters; and other 3 of 60mm thickness with the same 3 cane diameters.

All tests with cane have been carried out with 0.4 A/Y ratio. To fix the position of the canes in the bottom molds, with the grooves upwards, strips of polyester foam 10x10x100mm size have been placed at the end of the bottom molds, which keep the canes pressed. To complete filling of the bottom molds with cane, 7 units have been necessary for the range of 9-13mm, 6 units for the 12-16mm one and 5 units for the 15-18mm one (Fig.1).
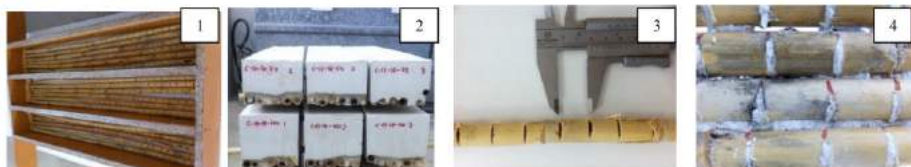
Figure 2. Arrangement of the canes in the bottom molds (1). Coding of test speciments of 75 and 100mm total thickness (2). Detail of grooves in cane (3). Detail of plaster introduction in the grooves (4).

The unitary loads to be supported by the resistant slab Q_f, according to the Spanish CTE [5], including overhangs of 35% for own weight and partition overload, and 50% for overloads of use, turn out to be Q_f = 8,292 kN/m^2 [9] that, for the dimensions of our test specimens, we can calculate by equation (1) as Q_p, load applied at the center of the specimen, as the most unfavorable situation:

$$Q_p = Q_f * d_e * a_p \quad (1)$$

Q_p is the minimum load to be supported by the tested specimen, applied at its center (N)

Q_f is the uniformly distributed load required by the Spanish CTE [5] for floor slabs (kN/m^2)

d_e is the distance of the slab beams (0.7m)

a_p is the width of the specimen tested (0.1m)

Thus it turns out that the resistant elements tested have to bear, at least, a load of:

Q_p= *0.580 kN = 580 N*

The results have been treated statistically: the simplified formula of Cochran and Cox has been used to calculate the size of the samples. Descriptive sampling parameters have been obtained for each series. Atypical values have been detected by box diagrams.

3 I RESULTS AND DISCUSSION

Table 1 shows the breaking load results of the specimens tested, together with the average values of each test and other descriptive statistical parameters. The validity of the number of repetitions of each test has been verified by the simplified formula of Cochran and Cox, for a maximum allowed error of 10% on the average value of the series, with a 95% probability not being exceeded, having been obtained for all tests a number of repetitions less than 6.

	TEST ONLY PLASTER		CANE 100mm THICKNESS		
specimen	**T 0.5**	**T 0.4**	**C 9-13,100**	**C 12-16,100**	**C15-18,100**
1	2905.47	4585.28	3371.39	3683.29	2358.15
2	2108.11	4401.57	3073.76	3044.44	2424.52
3	2369.36	4371.71	3608.87	2757.75	2420.53
4	2580.34	4525.23	3392.47	3027.28	2415.24
5	2392.25	4391.27	3296.54	3174.51	2397.29
6	2602.74	4409.59	3365.26	3125.88	2386.18
Aver. $\dot{X}$	2493.05	4447.44	3351.38	3135.53	2400.32
Estat.dev *S*	269.58	86.58	172.43	304.76	25.31
Coeff. var *Cv*	0.11	0.02	0.05	0.10	0.01

Table 1. Breaking load results (N) of the test specimens.

	CANE 75mm THICKNESS			CANE 60mm THICKNESS		
specimen	**C 9-13,75**	**C 12-16,75**	**C 15-18,75**	**C 9-13,60**	**C 12-16,60**	**C 15-18,60**
1	1830,04	1946,99	1709.52	1582.23	1466.15	1384.24
2	(*)	2257.78	2313.95	1490.12	1418.39	1328.39
3	2278.84	2362.98	1879.34	1678.10	1502.31	1428.64
4	1795.43	2128.39	2012.35	1437.45	1388.93	1401.21
5	1841.62	2204.16	2109.51	1702.19	1456.62	1386.27
6	1820.93	2172.34	1988.17	1576.28	1368.28	1394.16
Aver. $\dot{X}$	1913.37	2178.77	2002.14	1577.73	1433.45	1387.15
Estat.dev *S*	205.01	139.37	204.82	102.90	50.60	32.96
Coeff. var *Cv*	0.11	0.06	0.10	0.07	0.04	0.02

(*) Values that are considered atypical or erroneous have been discarded.

Tabla 1 (continued). Breaking load results (N) of the test specimens.

In this table we can see how the average values ($\dot{X}$) of the results of flexion breaking load for all the specimens tested are well above of the requirement of the Spanish CTE [5] (580 N), even also all the repetitions of each test.

Obviously, the tests T0.5 and T0.4 (specimens without cane) are not viable because they present a type of fragile rupture (they have been tested in order to have a reference) where the piece collapses at the first crack (Fig. 3). On the other hand, the rest of designs, even with a lower breaking load than their reference control (T0.4), present valid results higher than 580 N: 3351.38 N, 3135.53 N and 2400.32 N for the 3 designs with 100mm thickness; 1913.37 N, 2178.77 N and 2002.14 N for the 3 designs with 75mm thickness; and 1483.55 N, 1433.45 N and 1387.15 N for those with 60mm thickness, that is to say that, even for the smallest tested thickness (60mm), the breaking load requirements of the

Spanish CTE are well-achieved [6].

For the most unfavorable case (60mm thickness), if we consider a reduction coefficient in the properties of the plaster material, similar to that used for concrete in the Spanish Structural Concrete Instruction (EHE-08) [12] $Y_c = 1.5$, the average value of the breaking load reduced would be 1051.82 N, 955.63 N and 924.77 N respectively, depending on the cane diameter used, which is still higher than the required (181%, 165% and 153%), which demonstrates the validity of the designs tested for their application in floor slabs.

Fig. 3 shows representative examples of the fracture curves of different test groups.

The first of the curves (1), representative of the specimens without cane, although it presents a higher breaking load, is not considered viable because it present a brittle failure with collapse of the piece, without warning and a little deformation.
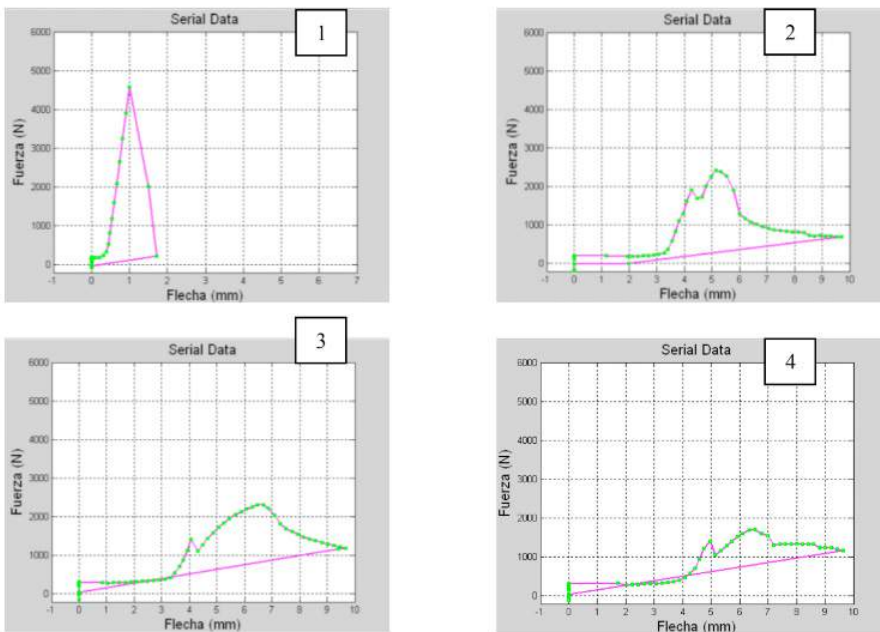
Figure 3. Breaking curves of the specimens T0.4-1 (1), C15-18,100-2 (2), C15-18,75-2 (3), C9-13,60-3 (4).

The second (2) is representative of the specimens with cane and 100mm thickness, the appearance of the first crack and the loading of the cane "reinforcement" is seen, increasing its resistance and deformation even beyond its breakage, with which presents certain conditions of safety, for the non-collapse of the piece, very favorable. The third curve (3) is representative of the 75mm thickness, being similar to previous one but even with a better maintenance of the resistance beyond the breakage, which results in greater safety. The fourth curve (4) is representative of the 60mm thickness, with characteristics similar to

75mm one but with a breaking load in a lower range.

4 I CONCLUSIONS

With the results obtained in the tests carried out, we can conclude that the designs of plaster and common cane (*Arundo donax* L.) laid on the tractioned lower face, are valid to support the loads required by the Spanish CTE [5] for these structural elements.

Even in the case of a lower total thickness (60mm), which has a net plaster thickness between 42mm and 51mm (comparable with the compression layer usually used in reinforced concrete slabs), resistance of the floor slab is obtained well above those required by the norm, 181%, 165% and 153% respectively for the cane diameters 9-13mm, 12-16mm and 15-18mm.

In addition, the breakage form of the elements presents a progressive increase in the deformations, and the maintenance of a certain resistance, avoiding the instantaneous collapse, and therefore, improving the safety of its use.

REFERENCES

[7] Barreca, F. 2012. **Use of giant reed Arundo donax L. in rural constructions**. *Agric Eng Int: CIGR Journal*, 14(3): 46-52.

[3] Barreca, F., C.R. Fichera, 2013. **Wall panel of Arundo donax L. for environmentally sustainable agriculture building: thermal performance evaluation**. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 11(2): 1353-57

[13] Barreca, F., Tirella V., 2017. **A self-built shelter in wood and agglomerated cork panels for temporary use in Mediterranean climate areas**. *Energy and Buildings*. 142: 1-7.

[1] Brundtland, G.H. **Our Common Future**, Chapter 2: Towards Sustainable Development. From A/42/427.*In report of the World Commission on Environment and Developmen*t, UN. 1987, Oslo.

[6] CTE, 2006. ***Código Técnico de la Edificación.*** España, Ministerio de Fomento.

[12] EHE-08, 2008. ***Instrucción de Hormigón Estructural.*** España, Ministerio de Fomento.

[4] Flores, J.A., J.J. Pastor, A. Martínez-Gabarrón, F.J. Gimeno, I. Rodríguez-Guisado and M.J. Frutos, 2011. **Arundo donax L. Chipboard Based On Urea-Formaldehyde resin using under 4 mm particles size meets The Standard Criteria For Indoor Use**. *Industrial Crops and Products*, 34: 1538-1542.

[9] Martínez-Gabarrón, A., 2012. **Comportamiento mecánico del yeso (sulfato cálcico dihidrato) reforzado con fibra de caña común (Arundo donax.L).** *Ph. D. Thesis. Universidad Miguel Hernández* de Elche, Orihuela.

[10] Martínez-Gabarrón, A., J.A. Flores, J.J. Pastor, J.M. Berná, L.C. Arnold and F.J. Sánchez, 2014. **Increase of the flexural strength of construction elements made with plaster (calcium sulfate dihydrate) and common reed (Arundo donax L.)** *Construction and Building Materials,* 66: 436-441.

[5] Rodríguez Lledó, C. y Equipo de Arquitecturas Adaptadas al Medio, 1999. ***Guía de bioconstrucción sobre materiales y técnicas constructivas saludables y de bajo impacto ambiental***.Madrid: Mandala Ediciones.

[2] Tendero, R., M. Garcia de Viedma. 2011. **Edificación para un desarrollo sostenible: una actividad modal**. *Informes de la Construccion*, 63, 521, 75-87.

[11] UNE-EN 13279-2,2006. **Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción. Parte 2: Métodos de ensayo**. *AENOR,* España.

[8] Vegas, F., C. Mileto, 2011. **Aprendiendo a restaurar. Un manual de restauración de la arquitectura tradicional de la Comunidad Valenciana**. *COACV*, Valencia.

CAPÍTULO 6

IMPACTO DA INTERVENÇÃO, ATRAVÉS DE PROJETO DE EXTENSÃO, NA PRODUÇÃO DE PEQUENOS PRODUTORES DE PEIXES EM COMUNIDADES DO OESTE DO PARÁ

Data de aceite: 01/02/2022

Jamilly Varela da Silva
Universidade Federal do Oeste do Pará – Campus Monte Alegre

Geovane Ribeiro Vasconcelos Lima
Universidade Federal do Oeste do Pará – Campus Monte Alegre

Breno Pimentel dos Reis
Universidade Federal do Oeste do Pará – Campus Monte Alegre

Suzete Roberta da Silva
Universidade Federal do Oeste do Pará – Campus Monte Alegre /Docente do Curso de Engenharia de Aquicultura

RESUMO: A aquicultura em águas interiores produz a maior parte de animais aquáticos cultivados. A aquicultura brasileira está em plena expansão devido ao grande potencial existente. A região amazônica apesar do seu enorme potencial, tem sua produção de peixes baseada em sistemas de cultivo extensivos e semi-intensivos, com uma produção que nos últimos anos, apesar da expansão da produção, os resultados de produtividade recuaram levemente. Isto aconteceu principalmente por incidências de doenças nas pisciculturas. Problemas como estes seriam mitigados com maior capacitação dos produtores e de seus colaboradores. No município de Monte Alegre – PA, a produção de peixes se dá principalmente por pequenos produtores, sem conhecimento técnico ou com acesso a assistência técnica, que utilizam da piscicultura como fonte de produção de alimento para consumo próprio ou como fonte de renda secundária. Assim, buscou-se capacitar produtores através de demonstrações práticas de manejo de suas pisciculturas e avaliação da qualidade de água de seus cultivos. Inicialmente buscou-se pequenos produtores voluntários para aceitar que houvesse a intervenção em seus cultivos para que os mesmos pudessem futuramente aplicar os conhecimentos nas suas produções. Desde a aquisição dos alevinos, povoamento e acompanhamento por cinco meses, dois pequenos produtores tiveram suas produções monitoradas. Para ambos os produtores os parâmetros de qualidade de água se mantiveram dentro do que é indicado na literatura. Ambos os produtores tiveram boas respostas de desempenho zootécnico de seus cultivos, com uma produção de 250 e 175 quilos dos produtores 1 e 2 respectivamente. Não foi observado parasitas ou lesões pelo corpo dos peixes do cultivo, além do crescimento dentro do esperado para a espécie cultivada. A diferença da produção se deu principalmente devido aplicação e acompanhamento das suas produções, já que o produtor 2 apresentou maior resistência em aplicar os manejos sugeridos. Com o decorrer do projeto houve um maior interesse por parte dos produtores envolvidos no projeto, bem como por outros pequenos produtores da região que possuíam viveiros e que tomaram conhecimento do projeto ou que em algum momento visitaram também as propriedades estudadas. Pequenas intervenções nas pisciculturas foram suficientes para despertar o interesse de pequenos

produtores e estimular a ideia da piscicultura ser uma fonte de renda primária no município de Monte Alegre – Pa.
PALAVRAS-CHAVE: Piscicultura; produção; amazônia.

ABSTRACT: Inland aquaculture produces the majority of cultivated aquatic animals. Brazilian aquaculture is in full expansion due to the great existing potential. The Brazilian Amazon, despite its enormous potential, has its fish production based on extensive and semi-intensive farming systems, with a production that in recent years, despite the expansion of production, productivity results have slightly decreased. This was mainly due to disease incidence in fish farms. Problems like these would be mitigated with greater training for producers and their employees. In the Monte Alegre city – PA, fish production occurs mainly by small producers, without technical knowledge or access to technical assistance, there fish farming is a source of food production for their own consumption or as a source of secondary income. Thus, we sought to train producers through practical demonstrations of management of their fish farms and assessment of the water quality of their crops. Initially, voluntary producers were sought to accept that there was intervention in their productions. Since the acquisition of fingerlings, population and follow-up for five months, two small producers have had their production monitored. For both producers, the water quality parameters remained within what is indicated in the literature. Both producers had good responses regarding the zootechnical performance of their fishponds, with a production of 250 and 175 kg of producers 1 and 2 respectively. It was not observed parasites or lesions by the body of the fish in the culture, in addition to growth within the expected range for the cultivated species. The difference in production was mainly due to the application and monitoring of their productions, since producer two showed greater resistance in applying the suggested managements. As the project progressed, there was a greater interest on the part of the producers involved in the project, as well as other small producers in the region who had nurseries and who became aware of the project or who at some point also visited the properties studied. Small interventions in fish farms were enough to arouse the interest of small producers and stimulate the idea of fish farming as a primary source of income in the Monte Alegre city - Pa.
KEYWORDS: Fishculture; production; Amazon.

1 | INTRODUÇÃO

A produção aquícola nacional ainda apresenta números incipientes se comparada a dos grandes produtores mundiais, como a China, a Índia, o Vietnã e a Indonésia (FAO, 2014). Apesar do Brasil estar entre os países com grande potencial para o desenvolvimento da aquicultura (BRASIL, 2013).

Segundo o extinto Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA), a piscicultura em 2010 se destacava entre as atividades aquícolas no Brasil, praticada em todas as unidades da federação, sendo responsável por mais de 80% da produção do setor aquícola (MPA, 2010).

Quase dez anos depois a produção da piscicultura continuou a crescer e aumentou 4,9% em 2019 em relação a 2018 (PEIXE BR, 2020).

As condições ambientais do estado do Pará e a grande demanda por peixes para

consumo representam importantes pontos positivos para a piscicultura na região (PEIXE BR, 2020).

A aquicultura utiliza recursos naturais e que pode ser praticada de forma sustentável, e contribui bastante com a produção mundial de alimentos, além do mais pode ocasionar empregos, sendo assim a aquicultura contribui com inúmeras áreas de interesse diferentes (ANDRADE *et al.,* 2020).

No estado do Pará a atividade da Aquicultura está voltada para a piscicultura, contribuindo no ano de 2019 com 152.096 t de peixe, principalmente de espécies nativas, atingindo assim, a 4° posição entre os maiores produtores de peixes nativos a nível nacional (PEIXE BR, 2020).

Na região oeste do Pará, a produção de peixes através da aquicultura ainda é principalmente focado em sistemas extensivos e se dá sem uma assistência direta ao produtor (TROMBETA *et al.,*2020). O desinteresse por parte dos pequenos produtores vem na maioria dos casos por conta uma deficiência em seus desenvolvimentos tecnológicos onde os mesmos aplicam em seus viveiros apenas o que eles entendem ser o certo, sendo assim produzem bem abaixo do que realmente eles seriam capazes (JESUS *et al*., 2020).

No município de Monte Alegre a piscicultura é desenvolvida em viveiros escavados e sistemas de cultivo extensivo. Os produtores são poucos capacitados e produzem peixe principalmente para consumo próprio. Apenas 10% dos produtores recebem algum tipo de assistência técnica, o que dificulta o desenvolvimento da atividade na região. Segundo Peixoto (2008), a assistência técnica e a extensão rural são essenciais para o desenvolvimento de atividades no campo, pois, tecnologias são constantemente atualizadas na busca de melhores resultados de produção no agronegócio, o que traz à tona mais ainda a necessidade de auxílio aos pequenos produtores da região visando ainda mais o crescimento da atividade aquícola, tecnologias essas que vem através da pesquisa e de conhecimentos de modos diversos. SILVA *et al*., (2018) mostra o crescimento e desenvolvimento da piscicultura no Amazonas e ressalta que o fator principal pro crescimento da atividade na região amazônica está em tecnologias e técnicas aplicadas juntamente ao produtor.

Os serviços de extensão tornam-se assim fundamentais para o avanço da atividade aquícola, visto que é onde se cria o elo entre os conhecimentos adquiridos na universidade e o produtor.

Programas de extensão tem como objetivo além de melhorar a produtividade no campo. Disponibilizar aos produtores novas ferramentas e métodos de trabalho inovadores que atendam às necessidades e respeitem as necessidades de cada produtor, que assim possibilite produzir alimento de qualidade (LISITA, 2005).

Diante do exposto, este trabalho objetivou avaliar o impacto na produção de pequenos produtores através do acompanhamento por meio de um projeto de extensão.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente, fez-se um levantamento de pequenos produtores no município de Monte Alegre – PA que estivessem dispostos a receber alguma intervenção na sua produção de peixes pelo período de pelo menos um ciclo de produção. Ao todo três produtores da região do Cauçu aceitaram participar do projeto.

Ao todo o projeto teve o período de acompanhamento, entre fevereiro de 2020 e dezembro de 2020. De todos consultados, três pequenos produtores aceitaram participar do projeto, que foram identificados como produtor 1 e Produtor 2 e produtor 3. O produtor 1 teve seu cultivo acompanhado mais de perto, com avaliação periódica do cultivo, cálculo de arraçoamento e indicação de medidas de manejo para obtenção de bons resultados. Já o produtor 2 teve um acompanhamento mediano, onde as visitas eram apenas para avaliação dos parâmetros de qualidade de água e desempenho zootécnico dos animais, entretanto, todas as medidas de manejo do cultivo eram tomadas pelo próprio produtor e o produtor 3 houve apenas o acompanhamento do povoamento, na metade do período de cultivo seria feita uma avaliação do cultivo e ao final seria feita uma terceira avaliação. Todas as tomadas de decisão de manejo seriam por conta do próprio produtor.

Após a escolha dos produtores, foi feita uma visita para conhecer os viveiros e definir datas para iniciar o cultivo. Os viveiros foram medidos, tiveram amostras de água coletados análises da qualidade que foram levados para laboratório multidisciplinar do campus Monte Alegre da Universidade Federal do Oeste do Pará, onde foram realizadas as análises de químicas de qualidade de água como pH, condutividade elétrica, alcalinidade, dureza, nitrito e amônia. Todas as análises foram feitas utilizando Fotocolorímetro AT 100P II.

Em seguida fez-se a aquisição de alevinos de Tambaqui (*Colossoma macropomum*) e híbridos tambatinga (*C. macropomum* x *Piaractus brachypomus*) para os produtores.

Após a aquisição dos alevinos, procedeu-se com o povoamento dos viveiros. Para todos os produtores foi calculado o número de peixes que ficasse com uma densidade de estocagem 3Kg de peixes/m^3.

Os alevinos foram aclimatados e em seguida liberados nos viveiros (Figura 1), separando-se uma amostra para verificação dos parâmetros zootécnicos.
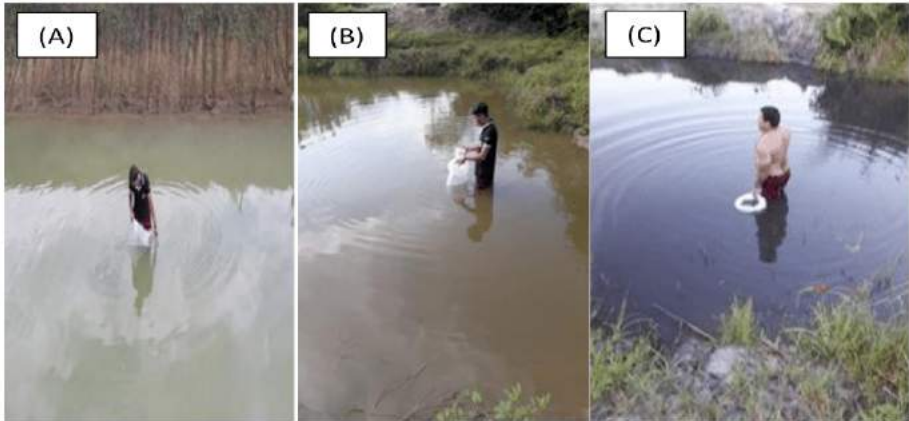
Figura 1. Povoamento nos viveiros do produtor 1 (A), Produtor 2 (B) e produtor 3 (C).

Fonte: Acervo do autor.

Após o povoamento, algumas orientações foram fornecidas aos produtores, como frequência de alimentação, determinação da porcentagem de ração baseada na biomassa do viveiro, além de observações que deveriam ser feitas nos seus cultivos. Os produtores também possuíam um canal aberto de comunicação com os estudantes que acompanhavam seus cultivos para emergências.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram atendidos os 2 produtores no período de 11 meses, nomeados de produtor 1, produtor 2, desconsiderando o produtor 3 que perdeu seus alevinos após duas semanas do povoamento.

Em cada visita os produtores eram capacitados para entenderem como funcionavam as análises de água e como se fazia biometria (FIGURA 2).

Figura 2. Capacitação dos produtores quanto a qualidade da água de seus viveiros.

Fonte: Acervo do Autor.

3.1 Desempenho zootécnico dos animais

Os resultados de desempenho zootécnico dos animais tanto para ganho de peso quanto para crescimento nas primeiras semanas foram semelhantes e a partir do 15° dia os animais do viveiro do produtor 1 passaram a apresentar melhor crescimento e ganho de peso (Figuras 3 e 4).
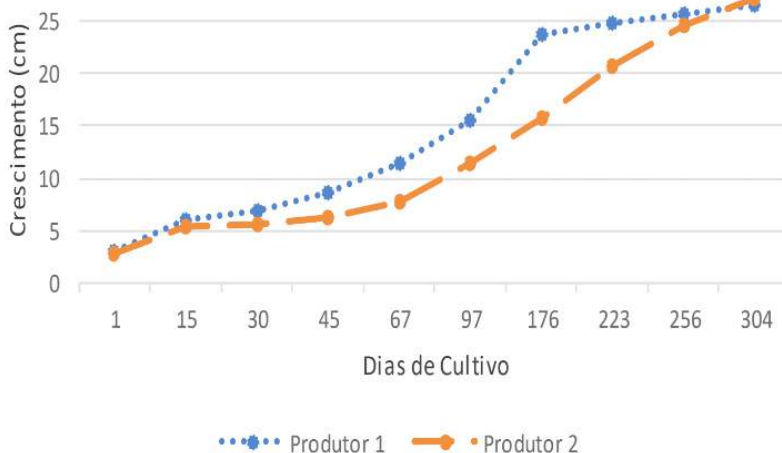
Figura 3. Análise de crescimento dos animais ao longo do cultivo.

Para o crescimento dos animais foi observado que a velocidade de crescimento inicial do produtor 1 foi maior de em relação ao 2 porém na época da estiagem, devido os peixes do produtor 1 estarem com maior biomassa eles passaram por condições estressantes pois o viveiro do produtor 1 passou a perder volume de água por infiltração maior do que o produtor poderia repor. Por isso, decidiu-se reduzir a biomassa do viveiro dividindo a biomassa, onde metade dos peixes foram transferidos para um novo viveiro construído especialmente para esse fim.

De acordo com OBA *et al.*, (2009), fatores estressantes têm sido a principal causa das perdas de lucros na piscicultura, pois afetam o metabolismo e, consequentemente, o crescimento dos peixes. Um dos fatores estressantes pode ser a redução do nível de água dos corpos d'água, caracterizados pelos períodos de estiagem em regiões tropicais e subtropicais (CADAVID GARCIA, 1984) este fator justifica a redução na velocidade de crescimento dos peixes do produtor 1 no período do verão amazônico.

Embora do ganho de peso dos animais tenha sido semelhante, foi observado que os peixes do produtor 1 apresentava um corpo com melhor distribuição muscular bem como as amostras retiradas do viveiro apresentavam maior homogeneidade que pode ser explicado pelo melhor manejo nutricional adotado por ele, com frequência de alimentação regular.
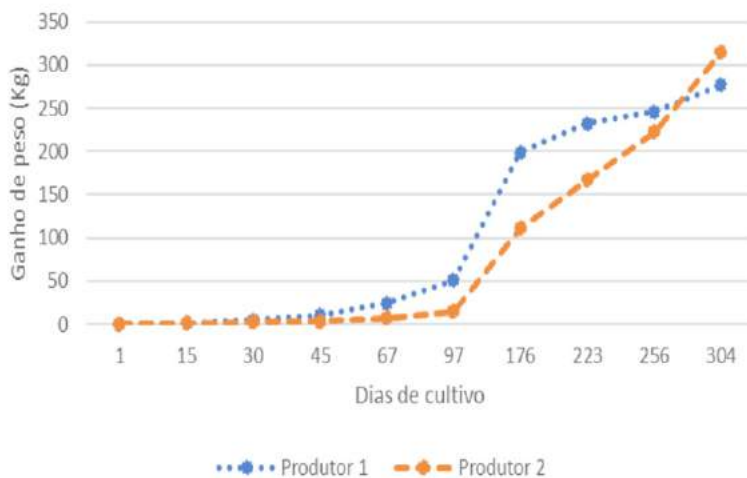
Figura 4. Gráfico referente ao ganho de peso dos animais cultivados.

3.2 Avaliação dos animais

Em todas as biometrias fez-se visualização macroscópica as brânquias, da boca e corpo dos animais amostrados (Figuras 5 e 6).

Os animais amostrados não apresentaram parasitas macroscópicos nem qualquer tipo de injúria no corpo que viessem a interferir no seu desenvolvimento.

Figura 5. Análise das brânquias dos organismos.

Fonte: Acervo do Autor.

Figura 6. Análise da boca dos organismos.

Fonte: Acervo do Autor.

Em todas as visitas foram tomados os devidos cuidados para não ocasionar algum tipo de lesão ao organismo, pois além de parasitas outros fatores podem ocasionar o estresse nos peixes como manuseio, captura, elevadas taxas de densidade de estocagem (URBINATI *et al*., 2004).

3.3 Qualidade de água dos viveiros

Em relação ao acompanhamento da qualidade de água dos viveiros, foram feitas análises quinzenalmente nos primeiros meses de cultivo e posteriormente foram espaçados os períodos de visita devido a pandemia de Covid-19.

Para registro das observações cada produtor recebeu uma tabela para registro do controle do seu viveiro.

Todas as análises de água, biometrias foram acompanhadas pelos produtores após explicação teórica de cada análise.

Os parâmetros de qualidade de água dos viveiros dos produtores durante os acompanhamentos de mantiveram dentro dos valores descritos nas literaturas como próprio para cultivo de peixes tropicais. O produtor 1 apresentou valores médios de 7,0 a 8,0 para pH, valores próximos dos encontrados por Silva *et al.,* (2011). Já no produtor 2 os valores de pH estiveram entre 5,5 e 8,0, conforma a (FIGURA 9), estes valores permaneceram dentro do aceitável. Segundo Castagnolli (1992), Boyd (2000) e Kubitza (2009), a faixa de pH entre 5,0 a 8,0 é considerada ideal para peixes tropicais.

Para o oxigênio dissolvido os cultivos de ambos os produtores foram encontrados os valores de 8 a 11ppm em análises feitas as 10h da manhã. Os valores encontrados se mantiveram dentro do aceitável descrito por KUBTIZA (1998), o mesmo autor relata a importância do oxigênio como parâmetro essencial a vida dos organismos aquáticos, parâmetro esse que se for encontrado em baixas concentrações pode acarretar desde atraso no crescimento a mortalidade dos peixes.

Para o nitrito foram encontrados os valores de 0,25 $mg.L^{-1}$ na primeira biometria realizada junto ao produtor 1, as biometrias seguintes todas mostraram o valor de zerados em seus dois viveiros, seguido do produtor 2 que apresentou valores 0,1 $mg.L^{-1}$, 0,25 $mg.L^{-1}$, e zero, assim como o produtor 1.

A amônia é o principal resíduo nitrogenado excretado pelos peixes, resultante do metabolismo proteico, e contribui para o aumento da decomposição microbiana de resíduos orgânicos (restos de alimentos, fezes e adubos orgânicos) (MACEDO; TAVARES, 2018). Os valores de amônia observamos nos viveiros de ambos os produtores se manteve entre 0,25 $mg.L^{-1}$ e 1,0 $mg.L^{-1}$. As concentrações tanto de amônia como nitrito estão dentro de valores aceitáveis em viveiros de aquicultura. Segundo Kubtiza (2009).

A transparência diminuiu devido ao processo de eutrofização dos viveiros ao longo do cultivo, fenômeno este, que era esperado pelo incremento constante de fósforo e nitrogênio através da ração, bem como através da liberação das excretas dos animais. A transparência inicial no viveiro do produtor 1 foi de 65 cm e com o passar do tempo chegou a 10 cm, valor este muito perigoso para o bem estar animal. Já no produtor 2 a transparência da água do viveiro no início do cultivo era de 50 cm e ao longo do cultivo chegou a 14 cm, valor este também fora do aceitável para aquicultura. Baixos valores de transparência em água verdes significa uma elevada densidade de fitoplâncton que durante o dia eleva os valores de oxigênio dissolvido na água através da fotossíntese, mas no período da noite onde esse processo é interrompido há apenas o consumo do oxigênio levando para valores muito abaixo do que os organismos resistem, podendo causar a morte dos animais. De acordo com Kubtiza (2009) os valores de transparência recomendado para água de cultivo de peixes é de 30 a 50 cm. vezes fora do recomendado de 30 a 50cm (KUBITZA, 2009).

Os valores encontrados para dureza e alcalinidade se encontraram dentro dos valores aceitáveis e recomendados para aquicultura nas amostras de água dos viveiros de ambos os produtores. Embora os valores da amostra de água do viveiro do produtor 1 tenham sido em média 10 vezes maiores que na amostra de água do viveiro do produtor 2, não houve correlação direta com esses parâmetros e o desempenho zootécnico dos animais.

3.4 A extensão Rural e a aquicultura

A extensão rural no Brasil iniciou a partir da necessidade de levar avanços para a agricultura a partir da "educação" do povo do campo, dessa forma este público passara a entender a necessidade bem como passasse a utilizar os insumos modernos na atividade agropecuária e assim se tornasse mais produtivo e com produtos de qualidade superior e com melhor rendimento (LISITA, ,2005). Partindo desta premissa, os resultados deste projeto mostraram que a partir de pequenas intervenções a produção já pode ganhar impulsos, aumentando a produtividade bem como a qualidade do produto. Outro fator observado foi o estimulo positivo que o projeto causou nos produtores e mesmo o produtor

que perdeu os alevinos no início do projeto, vendo o resultado dos seus vizinhos, decidiu adequar seu viveiro e tentar um novo cultivo posteriormente.

Parte daí a necessidade de projetos de extensão que visem levar conhecimentos técnicos com uma linguagem acessível para os pequenos produtores levando segurança alimentar bem como surgindo uma nova opção de renda para o produtor do campo, desenvolvendo o setor aquícola no município de Monte Alegre.

4 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os viveiros utilizados para o cultivo dos peixes não apresentaram especificações técnicas adequadas.

Inicialmente houve uma certa resistência entre os pequenos produtores da região para aceitar intervenções nas suas produções através de projetos de extensão.

Há uma carência de técnicos da área da aquicultura atuando na região bem como há uma necessidade forte de se investir mais em capacitação destes pequenos produtores, que após poucas capacitações passaram a entender melhor o motivo de determinados manejos no cultivo de peixes como frequência alimentar e do monitoramento da qualidade da água, por exemplo.

A intervenção nas pisciculturas se mostrou eficiente mostrando que pequenas modificações nos cuidados com os animais já promovem melhor crescimento, saúde e assim melhora a produção.

O projeto proporcionou a capacitação teórica e prática dos produtores que os incentivou a buscar melhorar seus sistemas de cultivo e estimulou o interesse destes e outros produtores vizinhos em produzir peixes comercialmente.

AGRADECIMENTOS

À Pró-Reitoria da Cultura, Comunidade Extensão - Procce/Ufopa, pela Bolsa Pibex concedida e pelo apoio logístico e financeiro ao plano de trabalho.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PISCICULTURA (São Paulo). **Anuário Brasileiro da Piscicultura**: Peixe BR 2020. Pinheiros: Peixe BR, 2020.

ANDRADE, Alexandre Sarmento. **Caracterização da Aquicultura na Mesorregião Metropolitana de Belém, Amazônia Oriental (Pará, Brasil)**. 2020. Tese de Doutorado. UFRA/Campus Belém.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura (2013). **Boletim estatístico de pesca e aquicultura do Brasil 2011**. Brasília: República Federativa do Brasil.

Boyd, C. E. 2000. **Water quality: an introduction**. Springer Science & Business Media, 2013.

CADAVID GARCIA, E. A. 1984. **O clima do Pantanal Mato-grossense**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 1984. (Circular técnica, 14). Castagnolli, N. 1992. Piscicultura de água doce. FUNEP, Jaboticabal, São Paulo.

JESUS, P. P.; SOUSA, J. C. M.; REGIANE DA SILVA ALMEIDA, R. S.; LOURENÇO, C. B.; FUNO, I. C. S. A. CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL E CAPACITAÇÃO TÉCNICA DE PISCICULTORES DAS COMUNIDADES REMANESCENTES DE QUILOMBOS DO MUNICÍPIO DE BEQUIMÃO–MA. DOI: https://doi.org/10.31692/2526-7701.VCOINTERPDVAgro.0485.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The state of world fisheries and aquaculture**: opportunities and challenges. Roma: FAO, 2014.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Fishery and aquaculture statistics**. Roma: FAO, 2014.

KUBITZA, F. 2009. **Manejo na produção de peixes**. Panorama da Aqüicultura, v.19, 14-23.

KUBITZA, F. Qualidade da água na produção de peixes - Parte III (Final).” **Panorama da Aquicultura** 8.47 (1998): 35-39.

LISITA, Frederico Olivieri. **Considerações sobre a extensão rural no Brasil**, 2005.

MACEDO, Carla Fernandes; SIPAÚBA-TAVARES, Lúcia Helena. **Eutrofização e qualidade da água na piscicultura**: consequências e recomendações. Boletim do Instituto de Pesca 36.2: 149-163, 2018.

MARDINI, C. V.; MARDINI, L. B.2000. **Cultivo de peixes e seus segredos**. Canoas: Ulbra Rio Grande do Sul.

OBA, E. T.; MARIANO, W. D. S.; SANTOS, L. D. **Estresse em peixes cultivados**: agravantes e atenuantes para o manejo rentável. *Manejo e sanidade de peixes em cultivo. Macapá: Embrapa Amapá*, 226-247, 2009.

PEIXOTO, Marcus. **Extensão rural no Brasil**: uma abordagem histórica da legislação. Senado Federal, Consultoria Legislativa, 2008.

SILVA, N. D. A extensão rural e o desenvolvimento da aquicultura. **Panorama da aqüicultura**, 50-53, 2001.

SILVA, L. de J. et al. Tecnologia e desenvolvimento rural: aspectos do cultivo de tambaqui no município de Rio Preto da Eva, AM. **Embrapa Amazônia Ocidental-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2018.

TROMBETA T. D., REIS, B. P.; SILVA, W., ZARZAR, C. A. et al. **Caracterização produtiva e análise do ambiente institucional da piscicultura em Monte Alegre-Pará.** 2020 (Curso de engenharia de aquicultura da UFOPA, Monte Alegre, 2020.

URBINATI, E. C.; ABREU, J. S.; CAMARGO, A. C. S.; LANDINES, M. A. 2004. Loading and transport stress in juvenile matrinxã (Brycon cephalus) at various densities. **Aquaculture**, 229:389-400.

CAPÍTULO 7

NOVAS DESCOBERTAS E POTENCIAIS APLICAÇÕES DE USO DE *Solanum crinitum* Lam. EM ÁREAS DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

Data de aceite: 01/02/2022

Natália do Couto Abreu
Programa de Pós-Graduação Em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede Bionorte, Museu Paraense Emílio Goeldi
Belém, Pará, Brasil

Mozaniel Santana de Oliveira
Laboratório Adolpho Ducke, Museu Paraense Emílio Goeldi
Belém, Pará, Brasil

Elaine Priscila Pereira Paixão
Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém, Pará, Brasil

Lucas Levino Alves Vieira
Universidade do Estado do Pará
Belém, Pará, Brasil

Lucieta Guerreiro Martorano
Programa de Pós-Graduação Em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede Bionorte, Museu Paraense Emílio Goeldi
Belém, Pará, Brasil
Embrapa Amazônia Oriental/NAPT-MA, PPG Rede Bionorte e PPFSND/UFOPa
Santarém, Pará, Brasil

RESUMO: As plantas da família Solanaceae possuem distribuição em várias áreas do planeta, mas estão especialmente distribuídas na América do Sul e América Central. O objetivo neste capítulo foi analisar novas descobertas e potenciais aplicações de uso de *Solanum crinitum* Lam. em áreas degradadas, principalmente pela extração de minério. Foram avaliados diferentes níveis, tais como: morfológico, fisiológico, celular e metabólico. Os resultados evidenciam que as respostas dependem da duração e severidade do estresse nas áreas de ocorrência, do genótipo, do estádio de desenvolvimento da planta e do tipo de célula ou órgão sob determinado tipo de estresse como escassez hídrica. Por exemplo, sob estresse hídrico as plantas desenvolvem mecanismos adaptativos como fechamento estomático, desenvolvimento de raízes finas para captura de água no solo, cerosidade foliar, estruturas como acúleos e alterações até no aparato fotossintético que promovem reações físico-químicas. Essas espécies fazem parte do grupo ecológico nomeado como plantas pioneiras. Pelas estratégias adaptativas identificadas na *Solanum crinitum* Lam. conclui-se que essa espécie é indicada na recuperação de áreas impactadas pela mineração por ser uma espécie pioneira, abundante na Serra dos Carajás.

PALAVRAS-CHAVE: Solanaceae, déficit hídrico, degradação, meio ambiente.

ABSTRACT: Plants of the *Solanaceae* are angiosperms that are distributed in various areas of the planet but are especially distributed in South and Central America. The aim of this chapter was to analyze new discoveries and potential applications for the use of *Solanum crinitum* Lam. in areas of environmental degradation. We tried to evaluate different levels, such as: morphological, physiological, cellular, and metabolic. The responses depend on the duration and severity of stress in the areas of occurrence, on the

genotype, on the stage of development of the plant, and on the type of cell or organ how to resist periods of scarcity of water in the soil. Under water deficit, plants develop mechanisms such as stomatal closure, development of fine roots to capture water in the soil, leaf waxiness, structures such as stems, and alterations even in the photosynthetic apparatus that promote physicochemical reactions as an adaptive strategy. In the case of species of the Solanaceae family, given the occurrences in areas with significant water deficits, the focus was to identify specificities capable of helping in the recovery process in environmental areas degraded by anthropic activities, mainly due to the mining process, from the introduction of typical natives from tropical climate environments. These species are part of the ecological group named pioneer plants. Certain species are able to grow in degraded places, helping to recover the area that promotes conditions that allow the establishment of secondary species, helping to recover the biodiversity of the site.
KEYWORDS: Solanaceae, water deficit, degradation, environment.

1 I INTRODUÇÃO

A região amazônica é um dos ecossistemas mais abundantes do planeta sendo muito rico em diversidade de espécies vegetais (CARRIZO GARCÍA *et al.*, 2017; MUSARELLA, 2019). A espécie *Solanum crinitum* (*S. crinitum*) tem distribuição em várias regiões da América do Sul como parte da Amazônia Brasileira e Amazônia Colombiana. Sendo comum em regiões tropicais e subtropicais (ARAÚJO *et al.*, 2010; KWON *et al.*, 2019). Em território Brasileiro, essa espécie se distribui em regiões do sul, norte e nordeste, abrangendo grande parte do território nacional.

S. crinitum pertence ao gênero Solanaceae, conhecida pelo nome vernacular de Lobeira da mata, Jitó e Beringela da mata. Solanaceae é uma família de plantas angiospermas dividido em cerca de 150 gêneros, formados por aproximadamente 3.000 espécies. *Solanum* é um dos seus mais importantes gêneros contendo cerca de 1.500 espécies e 5.000 epítetos (SILVA *et al.*, 2005; GASTON *et al.*, 2020). A distribuição de *Solanum* é muito frequente em regiões dos trópicos (Regiões tropicais e subtropicais) e principalmente no continente da América do Sul (BARCHI *et al.*, 2019; LIU *et al.*, 2019).

A espécie *S. crinitum* é rica em substâncias com funções biológicas que podem ser aplicadas com diferentes objetivos (YASIR *et al.*, 2017). Entre as substâncias destacam-se os flavonoides, alcaloides e glicosídeos (QIAN *et al.*, 2017; PAPOVA *et al.*, 2021). Nas plantas os glicosídeos são utilizados com função alopática para proteção do vegetal contra espécies vegetais ameaçadoras, além de servirem como proteção contra herbívoros (ALVES *et al.*, 2012; HANČINSKÝ *et al.*, 2020).

As plantas respondem ao déficit hídrico no solo em diferentes níveis: morfológico, fisiológico, celular e metabólico. As respostas dependem da duração e severidade do estresse, do genótipo, do estádio de desenvolvimento e do tipo de célula ou órgão em questão. Sob déficit hídrico, as plantas devem ser capazes de perceber que as condições

do ambiente foram alteradas e, então, traduzir esta percepção em respostas apropriadas (BELACHEW *et al.*, 2019; DE CAMARGO *et al.*, 2019; SCHNEIDER *et al.*, 2019).

Cada planta possui mecanismos de resistência ao déficit hídrico (HAWORTH *et al.*, 2018; TEIXEIRA *et al.*, 2019). Isso pode estar relacionado a características intrínsecas do vegetal e até mesmo de como a plantação é irrigada, seja ela de maneira natural por chuvas ou de forma artificial (DE ANDRADE *et al.*, 2017; LIMA; LOBATO, 2017). Dependendo da capacidade adaptativa das plantas em regiões de alta oferta pluvial, condições de escassez hídrica promovem alterações capazes de afetar determinadas características morfofisiológicas no vegetal (BALESTRINI *et al.*, 2018; MERWAD *et al.*, 2018). Dessa maneira, a planta se torna menos resistente a falta de água. Nessa situação, em que há grande oferta de água e de maneira abrupta esse suprimento é removido, a planta irá precisar se adaptar rapidamente a essa falta, havendo prejuízo em suas funções fisiológicas e morfológicas (OSAKABE *et al.*, 2014; XU *et al.*, 2018).

Sabe-se que a deficiência hídrica provoca modificações na composição das células das plantas superiores, ocasionando a produção de substâncias osmoticamente, processo conhecido como osmorregulação, sendo componente de grande importância no processo de tolerância à seca em várias espécies (DELGADO *et al.*, 2017; GAO *et al.*, 2019; KUMAR *et al.*, 2019; RABÊLO *et al.*, 2019; WANG *et al.*, 2019). Neste contexto, objetiva-se neste capítulo analisar novas descobertas e potenciais aplicações de uso de *Solanum crinitum* Lam. em áreas de degradação ambiental.

2 | CLASSIFICAÇÃO, SINÔNIMOS, OCORRÊNCIAS E CARACTERISTICAS BOTÂNICOS

A classificação e sinônimos podem ser visualizados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente (SILVA *et al.*, 2005; LIAO *et al.*, 2021).

Sinônimos	
Nome científico	Sinonímia
Solanum cyananthum	sinônimo
Solanum cyananthum var. *jubatum*	sinônimo heterotípico (taxonômico)
Solanum echinatum	sinônimo
Solanum echinocaulum	sinônimo
Solanum (grandiflorum) var. *setosum*	sinônimo heterotípico (taxonômico)
Solanum jubatum	sinônimo heterotípico (taxonômico)
Solanum macranthum	sinônimo
Solanum macranthum	sinônimo

Tabela 1. Sinônimos de *S. crinitum.* Adaptado de Solanaceae Source (SOLANACEAE SOURCE | A GLOBAL TAXONOMIC RESOURCE FOR THE NIGHTSHADE FAMILY, [*s. d.*]).

Classificação	
Reino	Plantae
Filo	Tracheophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordem	Solanales
Familia	Solanaceae
Gênero	Solanum

Tabela 2. Classificação da espécie *S. crinitum.*

Para identificar as ocorrências no globo terrestre, utilizou-se a base GBIF (*Global Biodiversity Information Facility*), por ser uma base em rede internacional, cuja infraestrutura de dados é financiada por diferentes fontes de financiamento com acesso aberto sobre os diferentes tipos de vida no Globo terrestre. Assim sendo, na Figura 1 apresenta-se o mapa gerado a partir dessa base, considerando-se a busca por *Solanum crinitum* Lam. Informa-se que existem 3.074 ocorrências mapeadas, predominantemente na América do Sul e América Central.

Figura 1. Mapa de distribuição da espécie *Solanum crinitum* Lam. (gerado no GBIG e adaptado para identificar as ocorrências).

A espécie pode florescer em diferentes épocas do ano tendo frutos, geralmente, nos meses de dezembro e janeiro. As flores (A) e os frutos (B) podem ser visualizados na Figura 2 (ANDRADE JR. *et al.*, 2017; MORE, 2017).
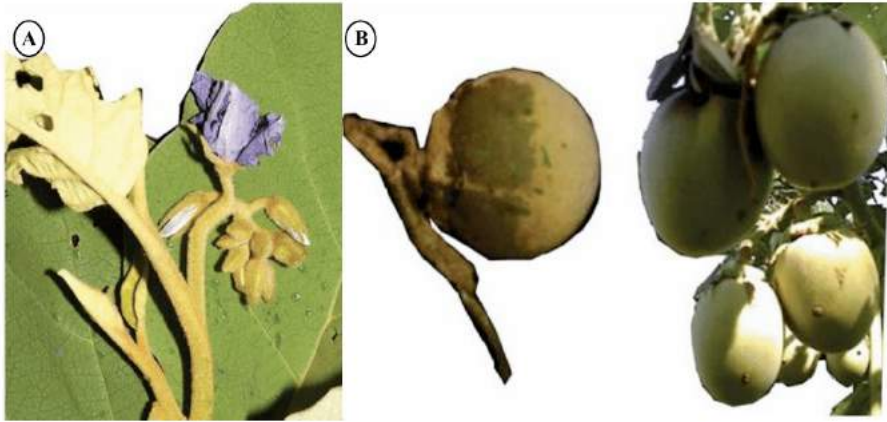
Figura 2. Flores (A) e fruto (B) de *S. crinitum* (Fonte: Natália Abreu, 2018).

Na Figura 3 apresenta-se uma imagem da *S. crinitum* em área de vegetação de canga no estado do Pará.

Figura 3. Espécie de *S. crinitum* na área empresa Vale, localizado em Carajás. (Fonte: Natália Abreu, 2018).

As árvores dessa espécie possuem entre 2 e 3 metros de altura, aculeado, sendo caracterizadas como árvores de pequeno porte. Além disso, seus troncos retorcidos com espinhos e galhos abertos. Suas folhas medem em torno de 30 cm e em sua estrutura

possuem espinhos e sua bordas são lobadas. Suas folhas geralmente são verdes e com formato estrelado e seus frutos são redondos com cor cinza e verde claro (CAGNATO, 2018; AGRA *et al.*, 2009; TIXIER *et al.*, 2020). Na Figura 4 é possível observar com melhores detalhes a espécie *S. crinitum,* com folhas e caule.

Figura 4. Imagens que evidenciam as características de folhas e caules da espécie *S. crinitum* (Fonte: Natália Abreu, 2018).

De acordo com Agra *et al.* (2009), a espécie *S. crinitum* possui a seguinte descrição: "Arbusto a arvoreta, 2,0-3,0 m alt., aculeado; caule e ramos cilíndricos, velutinos, vilosos ou crinitos, tricomas estrelados longo-estipitados, cerdosos, 0,5-1,3 cm compr., filiformes, acúleos aciculares a cônicos, 1,0-2,5 cm compr. Folhas solitárias, pecíolo 2,0-5,0(15,0) cm compr., quadrangular-complanado, lâmina 8,0-20,0(-40,0)× 5,5-15,0(-43,0) cm, subcoriácea a coriácea, oval-elíptica ou lobado-angulada, ápice agudo, base cordiforme ou oblíqua, discolor, face adaxial rugosa, tomentoso-escabra ou velutina, inerme ou com acúleos aciculares, 0,5-1,5 cm compr., face abaxial denso-vilosa, acúleos aciculares na nervura

principal. Inflorescência em cimeira 5-15-flora, acúleos esparsos, pedúnculo 1,0-2,5 cm compr., pedicelo 0,6-1,5 cm compr., articulado, indumento de tricomas estreladoestipitados e cerdoso. Flores monoclinas e estaminadas, cálice oval-oblongo, tubo 0,3-0,5 cm compr., lobos 1,0-1,5 cm compr., oblongo-lineares; corola pentagonal-estrelada, lilás ou púrpura, 4,0-6,0-(7,0) cm diâm., levemente zigomorfa, plicada, lobos 1,0-2,5-(4,0) cm compr.; filetes 2,0-3,0 mm compr., anteras 1,8-2,2 cm compr., lineares ou subuladas, tricomas estrelados, alvos; ovário subgloboso, 2,3-2,5 mm diâm., hirsuto, estilete 2,0-2,5 cm compr., 0,4-0,6 mm compr. nas flores estaminadas. Baga globosa, 4,0-8,0 cm diâm., não envolvida pelo cálice acrescente, inerme a subinerme, epicarpo verde-canescente, velutino a tomentoso; pedicelo frutífero deflexo, 20,0-30,0×3,0-5,0 mm, fortemente aculeado, tomentoso a velutino; sementes numerosas, 3,0-3,2× 3,0-3,3 mm, suborbiculares a ovóides, foveoladas, negras*”.*

3 | DÉFICIT HIDRICO EM PLANTAS

O déficit hídrico no solo ocorre quando os estoques de água, naturalmente fornecido pelas chuvas na condição de capacidade de campo decrescem até o ponto de murcha permanente, em decorrência de perdas pelo processo evapotranspiratório do sistema solo-planta (ANDRADE *et al*., 2018), principalmente nos períodos do ano em que as precipitações pluviais são reduzidas em uma determinada região (DING *et al*., 2018; NEVES *et al*., 2017). Sob condições de escassez de água no solo, as plantas podem sofrer alterações como fisiológicas, morfológicas e anatômicas (TURNER, 2018). Entre os danos sofridos pelas plantas está relacionado ao desenvolvimento de suas folhas, como consequência a esse processo identificam-se limitações na expansão foliar (GIMÉNEZ *et al*., 2013; MARCOS *et al*., 2018).

A exposição gradual da planta à períodos de déficits hídricos pode tornar o vegetal mais suscetível a escassez de água, como consequência, os danos sofridos em suas funções são minimizados (O’BRIEN *et al*., 2017). Da sua germinação até a fase de amadurecimento o vegetal possui capacidade de adaptar-se ao déficit hídrico (MARCHIORI *et al*., 2017). Se a planta estiver em condições de déficit hídrico em seu ciclo de produção, ou seja, em seus estádios iniciais de desenvolvimento, a planta terá maiores capacidades de responder adaptar-se a esse fenômeno (BRAY, 1997).

A disponibilidade hídrica, a luminosidade e as condições edáficas influenciam inevitavelmente o desenvolvimento da planta. Logo, a falta ou o excesso de algum desses recursos pode influenciar no seu desenvolvimento. Em meio às variações ambientais, a folha é considerada o órgão vegetal que mais prontamente responde a tais mudanças (RABÊLO *et al*., 2019), principalmente pelo mecanismo de redução de perdas hídricas por evapotranspiração. Para identificar se irá ocorrer uma falta de recursos hídricos para a planta é necessário realizar um balanço hídrico do local para investigar em quais períodos

do ano serão necessários fazer irrigação para evitar o déficit hídrico.

Na Figura 5 observa-se os componentes envolvidos nas análises do balanço hídrico no solo (REICHARDT; TIMM, 2012). Todavia, vale destacar que não há nas áreas de canga uma estrutura pedológica, que ocorre após passar por processos pedogenéticos específicos e múltiplos. No caso dos processos múltiplos o solo é formado a partir de quatro processos básicos: adições, perdas, transformações e translocações. Os processos específicos atuam formando o solo pela atuação de mecanismos que se integram a partir de fatores como: laterização, silicificação, ferralitização, gleização, podzolização, salinização, entre outros. Ao observar a Figura 5 é notório que as plantas investem em raízes para capturar água e nutrientes em uma certa camada do solo e contabiliza-se a capacidade de água disponível (CAD) em função da profundidade das raízes, mas em decorrência do material onde ocorre a vegetação de canga não apresentar uma estrutura pedológica formada, fez-se apenas uma descrição sobre os componentes envolvidos nas estimativas dos balanços hídricos.
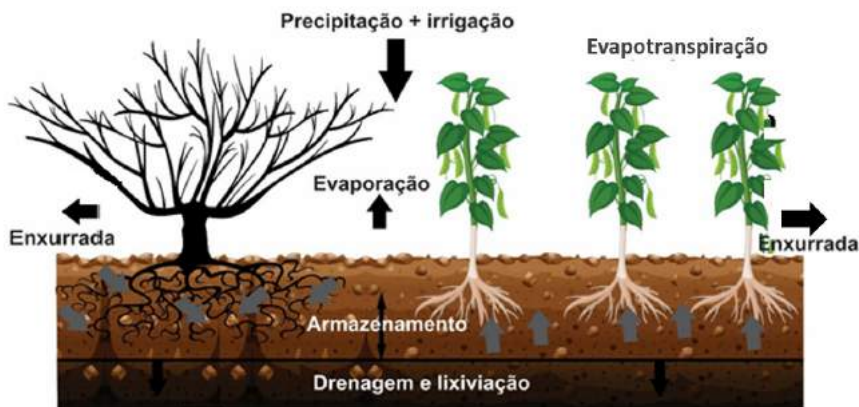
Figura 5. Componentes do balanço hídrico. (Adaptado de REICHARDT; TIMM, 2012).

Na Tabela 3 apresentam-se processos vegetais que são prejudicados em períodos de ocorrência de déficits hídricos no solo.

Processos
Redução da porcentagem de germinação das sementes
Menor desenvolvimento da parte aérea Redução de fotoassimilados
Aborto e abscisão das flores
Comprometimento nos componentes de rendimentos de uma determinada cultura agrícola
Morte de plantas

Tabela 3. Processos vegetais prejudicados pela deficiência hídrica no solo.

Cabe destacar que as respostas ao estresse hídrico devem ser vistas em combinação com outros aspectos da biologia vegetal, pois a evolução não ocorre isoladamente em cada grupo de plantas em decorrência da escassez, mas em diferentes direções. Assim, quando um atributo ou variável não estiver de acordo com o resultado esperado, deve-se procurar explicações de outros tipos de adaptações, ressaltando que esses efeitos são complexos, não havendo um mecanismo universal de resistência a seca (DE LIMA *et al.*, 2009).

4 I ESPECIES DE SOLANACEAE COMO POSSÍVEIS REMEDIADORES DO SOLO DEGRADADO

Várias atividades econômicas como mineração, agricultura, pecuária e indústria podem degradar o solo. Os tipos de danos ambientais mais comuns são erosão, arenização, salinização e compactação do solo. Esses impactos no solo, além dos danos socioambientais, causam perda de produtividade para a agricultura (WERDEN *et al.*, 2018).

Esses danos podem ocorrerem devido a ocupação econômica do local sem planejamento prévio ou desenvolvimento de atividades econômicas não sustentáveis. Assim, o solo sofre com o desequilíbrio entre exploração econômica e capacidade de regeneração natural (BAI *et al.*, 2020). Como consequência ocorre a perda nutricional do solo e diminuição da atividade biológica na região afetada. O solo do local pode até tornar-se estéril se não houve um manejo sustentável do solo e da floresta (EDRISI *et al.*, 2020).

A biorremediação é o processo de remediação, geralmente in situ, de áreas degradadas e contaminadas que emprega a utilização de organismos vivos (microrganismos e plantas) capazes de se desenvolver no ambiente sob estresse (QUEIROL *et al.*, 2006; BELO *et al.*, 2011). Plantas nativas podem ser utilizadas para recuperação de áreas degradas. Essas espécies fazem parte do grupo ecológico nomeado como plantas pioneiras (NETO *et al.*, 2021). Certas espécies são capazes de crescerem no local degradado auxiliando na recuperação da área para que espécies secundárias possam surgir auxiliando na recuperação da biodiversidade do local (SANTOS *et al.*, 2021).

Na Tabela 4 são listadas espécies que apresentam condições de uso em áreas de restauração ecológica (SUERTEGARAY *et al.*, 2012). Devido ser uma espécie atrativa para a fauna, essa espécie pode ser utilizada para recuperação de áreas que sofreram algum tipo de dano ambiental, sendo assim, a *S. crinitum* pode ser considerada uma espécie pioneira e rústica (SUERTEGARAY *et al.*, 2012).

Família/ Espécie	Nome popular	Ecossistema
Urticaceae - *Cecropia pachystachya* Trécul	embaúba, embaúba-branca	Restinga/ Floresta Ombrófila Densa
Fabaceae - *Senegalia polyphylla* (DC.) Britton & Rose	monjoleiro, espinho-de-maricá, monjoleiro-branco, monjoleiro-vermelho, guarucaia	Floresta Ombrófila Densa/ Floresta Estacional Semidecidua
Fabaceae- *Tachigali rugosa* (Mart. ex Benth.) Zarucchi & Pipoly	angá-ferro, ingá-bravo	Floresta Altomontana/ Floresta Estacional Semidecidua
Malvaceae - *Apeiba tibourbou* Aubl.	jangada, escova-de-macaco	Floresta Ombrófila Densa/ Floresta Altomontana/ Floresta Estacional Semidecidua/ Mata Ciliar
Magnoliaceae - *Magnolia ovata* (A.St.-Hil.) Spreng.	pinha-do-brejo, talauma	Floresta Ombrófila Densa
Melastomataceae - *Huberia semiserrata* DC.	quaresmeira-branca-do-brejo, jacatirão-do-brejo	Floresta Ombrófila Densa/ Floresta Altomontana

Tabela 4. Lista de espécies que podem ser utilizadas para restauração ecológica de áreas degradas (Adaptador de SUERTEGARAY *et al.*, 2012).

Desde o século XIX é relatado núcleos de arenização em regiões do sudoeste do Rio Grande do Sul. Inicialmente o problema possui origens naturais, contudo tem sido agravado devido as atividades de agropecuária desenvolvidas na região. Segundo Suertegaray *et al.* (2012) o processo de arenização pode ser compreendido como "*o retrabalhamento de depósitos, no caso de formações superficiais, provavelmente quaternárias, resultou de uma dinâmica morfogenética onde os processos hídricos superficiais, particularmente o escoamento concentrado do tipo ravina ou voçoroca, associados às chuvas torrenciais, expõe, transporta e deposita areia, dando origem à formação de areais que, em contato com o vento, tendem a uma constante remoção*".

Rovedder *et al.* (2005) investigaram as principais espécies responsáveis por permanecerem na borda e dentro do areal numa região conhecida como Campanha Gaúcha que sofre com o processo de arenização. Esse local compreende as latitudes 29º00' S e 31º00' S e longitudes 54º30' W e 58º45' W. Além disso, os autores também avaliaram a interação da vegetação com os agentes impactantes da região como a erosão eólica e efeitos de abrasão e soterramento.

A arenização desse espaço foi causada pelo pisoteio do gado, sendo que nunca foi utilizado para cultivos agrícolas. Para identificar as espécies do local foi realizado um levantamento florístico onde foram identificas 42 espécies pertencentes a 13 famílias. A família Poaceae foi a que mais teve espécies identificadas predominando o *Andropogon lateralis* Nees (capim caninha). Também foram localizadas uma espécie da família Solanacea. *Solanum sisymbriifolium* Lam. (joá bravo) formou vegetação próximo da borda do areal e auxiliou na recomposição da vegetação afetada pela arenização (ROVEDDER *et al.*, 2005).

Outras espécies da mesma família também podem ser utilizadas para recuperação de áreas degradas. Na Tabela 5, estão sumarizadas algumas dessas espécies.

Espécie	Nome popular	Ecossistema
Solanum cinnamomeum Sendtn	jurubeba, jurubebinha	Floresta Ombrófila Densa
Solanum mauritianum Scop.	fona-de-porco	Floresta Ombrófila Densa
Solanum pseudoquina A. St.-Hil.	quina-de-são-paulo, canema	Restinga/ Floresta Ombrófila Densa
Solanum swartzianum Roem. & Schult.	jurubeba-branca, pratinha	Floresta Ombrófila Densa
Acnistus arborescens (L.) Schltdl.	fruta-do-sabiá, marianeira	Floresta Ombrófila Densa/ Áreas Antropicas
Aureliana fasciculata (Vell.) Sendtn. j	jurubebinha-de-pelo	Restinga/ Floresta Ombrófila Densa
Cestrum axillare Vell	coerana, coerana-branca	Restinga/ Floresta Ombrófila Densa
Solanum rufescens Sendtn	joá, jurubeba	Floresta Ombrófila Densa
Brunfelsia uniflora (Pohl) D. Don	manacá-de-cheiro	Restinga/ Floresta Ombrófila Dens
Capsicum schottianum Sendtn		Floresta Ombrófila Densa
Capsicum villosum Sendtn.		Floresta Ombrófila Densa
Cestrum bracteatum Link & Otto	coerana	Floresta Ombrófila Densa
Cestrum schlechtendalii G.Don	canelinha-do-brejo, coerana	Floresta Ombrófila Densa
Solanum didymum Duna		Floresta Ombrófila Densa
Solanum americanum Mill.	maria-pretinha, erva-moura	Floresta Ombrófila Densa
Acnistus arborescens (L.) Schltdl.		Restinga, Floresta Ombrófila Densa
Solanum cinnamomeum Sendtn.	jurubeba, jurubebinha	Floresta Ombrófila Densa
Solanum granulosoleprosum Dunal	couvetinga, gravitinga, joá	Restinga, Floresta Ombrófila Densa
Solanum mauritianum Scop	fona-de-porco	Floresta Ombrófila Densa
Solanum pseudoquina A. St.-Hil.	quina-de-são-paulo, canema	Restinga, Floresta Ombrófila Densa
Solanum swartzianum Roem. & Schult.	jurubeba-branca, pratinha	Floresta Ombrófila Densa
Solanum rufescens Sendtn	joá, jurubeba	Floresta Ombrófila Densa

Tabela 5. Lista de espécies da família Solanaceae que podem ser utilizadas para recuperação de áreas degradadas (Adaptador de SUERTEGARAY *et al.*, 2012).

De acordo com o art. 225, § 2º, da Constituição Federal de 1988 e art. 19 da Lei nº 7.805/89 é dever recuperar o meio ambiente que sofre com a exploração mineral. O processo de recuperação ambiental pode ser compreendido como a retomada do ecossistema a uma condição não degradada para reparar um dano que poderia ser evitado. A revegetação

é um dos processos pioneiros para retomada do ecossistema de uma região que sofreu algum tipo de exploração e danos ambientais. Para esse processo é necessário selecionar a técnica adequada e escolher as espécies que iram participar da revegetação. Dessa forma, Rovedder *et al.* (2005) investigam "*o sistema de revegetação através de plantios de mudas e indução da regeneração natural, com a finalidade de indicar através de seu desenvolvimento qual deles contribuirá para recuperação ambiental em áreas do Projeto Ferro Carajás S11D*".

Vale destacar que os resultados de pesquisa demostraram que a indução por regeneração natural foi eficiente para recuperação ambiental da área afeta pelas atividades de exploração minerais do Projeto Ferro Carajás S11D. Esse método apresentou os melhores resultados, apontados pelo índice de diversidade e maior uniformidade na distribuição e abundancia de espécies que recuperaram a área degradada. Nas parcelas onde foi adotado o sistema de indução da regeneração natural foram encontrados 1486 indivíduos distribuídos em 156 espécies, 142 gêneros e 54 famílias. Dessas espécies, seis fazem parte da família Solanaceae, sendo elas: *Solanum asperolanatum, Solanum capsicoides, Solanum erianthum, Solanum grandiflorum, Solanum lycocarpum, Solanum palinacanthum* (ROVEDDER *et al.*, 2005).

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus agradecimentos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro número do processo 001. O autor Mozaniel Santana de Oliveira agradece ao CNPq/MCTI/MEPG pela blsa PCI-DB: 302050/2021-3. A autora Lucieta Guerreiro Martorano agradece à Embrapa Amazônia Oriental pelo apoio em viabilizar a participação como professora permanente do PPGRede Bionorte e PPGSND/UFOPA, bem como ao CNPq pela bolsa de produtividade.

CONFLITOS DE INTERESSES

Informa-se que não foram identificados conflitos de interesses durante a realização do trabalho.

REFERÊNCIAS

AGRA, Maria *et al.* Flora da Paraíba, Brasil: Solanum L. (Solanaceae). **Acta Bot. Bras.**, [*s. l.*], v. 23, n. 3, 2009.

ALVES, Cassia Cristina F.; ALVES, José Milton; SILVA, Tania Maria S. DA; CARVALHO, Mario Geraldo; NETO, Jorge Jacob *et al*. Atividade Alelopática de Alcalóides Glicosilados de Solanum crinitum Lam. **Floresta e Ambiente**, [*s. l.*], v. 10, n. 1, p. 93–97, 2012.

ANDRADE JR., Moacir *et al.* Nutrients of Cubiu Fruits (*Solanum sessiliflorum* Dunal, Solanaceae) as a Function of Tissues and Ripening Stages. **Journal of Food and Nutrition Research**, [*s. l.*], v. 5, n. 9, p. 674–683, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.12691/JFNR-5-9-7.

ANDRADE, Fabrício Ribeiro *et al.* Selenium protects rice plants from water deficit stress. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, [*s. l.*], v. 164, p. 562–570, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/J.ECOENV.2018.08.022.

ARAÚJO, Nathalia Diniz; COELHO, Victor Peçanha de Miranda; AGRA, Maria de Fátima. The pharmacobotanical comparative study of leaves of solanum crinitum Lam., Solanum gomphodes Dunal and Solanum lycocarpum A. St-Hil, (Solanaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, [*s. l.*], v. 20, n. 5, p. 666–674, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0102-695X2010005000016.

BAI, Tao *et al.* Mixed nitrogen form addition facilitates the growth adaptation of legume plant to heavy metal contamination in degraded mining areas. **Global Ecology and Conservation**, [*s. l.*], v. 24, p. e01387, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/J.GECCO.2020.E01387.

BALESTRINI, R. *et al.* Improvement of plant performance under water deficit with the employment of biological and chemical priming agents. **The Journal of Agricultural Science**, [*s. l.*], v. 156, n. 5, p. 680–688, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1017/S0021859618000126.

BARCHI, Lorenzo *et al.* A chromosome-anchored eggplant genome sequence reveals key events in Solanaceae evolution. **Scientific Reports 2019 9:1**, [*s. l.*], v. 9, n. 1, p. 1–13, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41598-019-47985-w.

BELACHEW, Kiflemariam Y. *et al.* Association of Shoot and Root Responses to Water Deficit in Young Faba Bean (Vicia faba L.) Plants. **Frontiers in Plant Science**, [*s. l.*], v. 10, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01063.

BELO, A. F.; COELHO, A. T. C. P.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. .A.; SANTOS, J.B. Potencial de espécies vegetais na remediação de solo contaminado som sulfentrazone. **Planta Daninha**, v. 29, n. 4, p. 821-828, 2011.

BRAY, Elizabeth A. Plant responses to water deficit. **Trends in Plant Science**, [*s. l.*], v. 2, n. 2, p. 48–54, 1997. Disponível em: https://doi.org/10.1016/S1360-1385(97)82562-9.

CAGNATO, Clarissa. Shedding Light on the Nightshades (Solanaceae) Used by the Ancient Maya: a Review of Existing Data, and New Archeobotanical (Macro- and Microbotanical) Evidence from Archeological Sites in Guatemala. **Economic Botany 2018 72:2**, [*s. l.*], v. 72, n. 2, p. 180–195, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1007/S12231-018-9412-8..

CARRIZO GARCÍA, Carolina *et al.* Unraveling the phylogenetic relationships of Nectouxia (Solanaceae): its position relative to Salpichroa. **Plant Systematics and Evolution 2017 304:2**, [*s. l.*], v. 304, n. 2, p. 177–183, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1007/S00606-017-1460-5.

DE ANDRADE, Larissa Mara *et al.* Reference genes for normalization of qPCR assays in sugarcane plants under water deficit. **Plant Methods 2017 13:1**, [*s. l.*], v. 13, n. 1, p. 1–9, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1186/S13007-017-0178-2.

DE CAMARGO, M. S. *et al.* Silicon Fertilization Improves Physiological Responses in Sugarcane Cultivars Grown Under Water Deficit. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, [*s. l.*], v. 19, n. 1, p. 81–91, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s42729-019-0012-1.

DE LIMA, Rivete S.; DE OLIVEIRA, Paulo L.; RODRIGUES, Lia R. Anatomia do lenho de Enterolobium contortisiliquum (Vell.) Morong (Leguminosae-Mimosoideae) ocorrente em dois ambientes. **Revista Brasileira de Botanica**, [*s. l.*], v. 32, n. 2, p. 361–374, 2009. Disponível em: https://doi.org/10.1590/s0100-84042009000200015.

DELGADO, Luiz Gustavo Martinelli; DA SILVA, Richardson Barbosa Gomes; DA SILVA, Magali Ribeiro. Qualidade morfológica de mudas de ingá sob diferentes manejos hídricos. **Irriga**, [*s. l.*], v. 22, n. 3, p. 420–429, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.15809/irriga.2017v22n3p420-429.

DING, Fei *et al.* Exogenous Melatonin Improves Tolerance to Water Deficit by Promoting Cuticle Formation in Tomato Plants. **Molecules 2018, Vol. 23, Page 1605**, [*s. l.*], v. 23, n. 7, p. 1605, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.3390/MOLECULES23071605.

EDRISI, Sheikh Adil; EL-KEBLAWY, Ali; ABHILASH, Purushothaman Chirakkuzhyil. Sustainability Analysis of Prosopis juliflora (Sw.) DC Based Restoration of Degraded Land in North India. **Land 2020, Vol. 9, Page 59**, [*s. l.*], v. 9, n. 2, p. 59, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.3390/LAND9020059.

GAO, Jingwen *et al.* Low nitrogen priming enhances photosynthesis adaptation to water-deficit stress in winter wheat (Triticum aestivum l.) seedlings. **Frontiers in Plant Science**, [*s. l.*], v. 10, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00818.

GASTON, Amelia *et al.* Applying the Solanaceae Strategies to Strawberry Crop Improvement. **Trends in Plant Science**, [*s. l.*], v. 25, n. 2, p. 130–140, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/J.TPLANTS.2019.10.003.

GIMÉNEZ, C.; GALLARDO, M.; THOMPSON, R.B. Plant–Water Relations. **Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences**, [*s. l.*], 2013. Disponível em: https://doi.org/10.1016/b978-0-12-409548-9.05257-x.

HANČINSKÝ, Richard *et al.* Plant Viruses Infecting Solanaceae Family Members in the Cultivated and Wild Environments: A Review. **Plants 2020, Vol. 9, Page 667**, [*s. l.*], v. 9, n. 5, p. 667, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.3390/PLANTS9050667.

HAWORTH, Matthew *et al.* The Impact of Heat Stress and Water Deficit on the Photosynthetic and Stomatal Physiology of Olive (Olea europaea L.)—A Case Study of the 2017 Heat Wave. **Plants 2018, Vol. 7, Page 76**, [*s. l.*], v. 7, n. 4, p. 76, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.3390/PLANTS7040076.

KUMAR, Manoj *et al.* Overexpression of chickpea defensin gene confers tolerance to water-deficit stress in Arabidopsis thaliana. **Frontiers in Plant Science**, [*s. l.*], v. 10, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00290.

KWON, Choon-Tak *et al.* Rapid customization of Solanaceae fruit crops for urban agriculture. **Nature Biotechnology 2019 38:2**, [*s. l.*], v. 38, n. 2, p. 182–188, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41587-019-0361-2.

LIAO, Zhen *et al.* Author Correction: Genome-wide identification of Argonautes in Solanaceae with emphasis on potato. **Scientific Reports 2021 11:1**, [*s. l.*], v. 11, n. 1, p. 1–1, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41598-021-91689-z.

LIMA, J. V.; LOBATO, A. K. S. Brassinosteroids improve photosystem II efficiency, gas exchange, antioxidant enzymes and growth of cowpea plants exposed to water deficit. **Physiology and Molecular Biology of Plants 2017 23:1**, [*s. l.*], v. 23, n. 1, p. 59–72, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1007/S12298-016-0410-Y.

LIU, Hai Feng *et al.* A novel species and a new record of Alternaria isolated from two Solanaceae plants in China. **Mycological Progress 2019 18:8**, [*s. l.*], v. 18, n. 8, p. 1005–1012, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1007/S11557-019-01504-3.

MARCHIORI, Paulo E. R. *et al.* Physiological Plasticity Is Important for Maintaining Sugarcane Growth under Water Deficit. **Frontiers in Plant Science**, [*s. l.*], v. 0, p. 2148, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.3389/FPLS.2017.02148.

MARCOS, Fernanda C.C. *et al.* Drought tolerance of sugarcane is improved by previous exposure to water deficit. **Journal of Plant Physiology**, [*s. l.*], v. 223, p. 9–18, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/J.JPLPH.2018.02.001.

MERWAD, Abdel Rahman M.A.; DESOKY, El Sayed M.; RADY, Mostafa M. Response of water deficit-stressed Vigna unguiculata performances to silicon, proline or methionine foliar application. **Scientia Horticulturae**, [*s. l.*], v. 228, p. 132–144, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2017.10.008.

MORE, Garland K. A review of the ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacological relevance of the South African weed Solanum sisymbriifolium Lam. (Solanaceae). **Environment, Development and Sustainability 2017 21:1**, [*s. l.*], v. 21, n. 1, p. 37–50, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1007/S10668-017-0042-6.

MUSARELLA, Carmelo Maria. Solanum torvum Sw. (Solanaceae): a new alien species for Europe. **Genetic Resources and Crop Evolution 2019 67:2**, [*s. l.*], v. 67, n. 2, p. 515–522, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1007/S10722-019-00822-5.

NETO, Alberto Bentes Brasil *et al*. Natural regeneration for restoration of degraded areas after bauxite mining: A case study in the Eastern Amazon. **Ecological Engineering**, [*s.l.*], v. 171, 106392, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106392.

NEVES, Diana Matos *et al.* Recurrent water deficit causes epigenetic and hormonal changes in citrus plants. **Scientific Reports 2017 7:1**, [*s. l.*], v. 7, n. 1, p. 1–11, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41598-017-14161-x.

O'BRIEN, Michael J. *et al.* The shift from plant–plant facilitation to competition under severe water deficit is spatially explicit. **Ecology and Evolution**, [*s. l.*], v. 7, n. 7, p. 2441–2448, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1002/ECE3.2875.

PAPOVA, Inna *et al.* High-performance liquid chromatography-mass spectrometry analysis of glycoalkaloids from underexploited Solanum species and their acetylcholinesterase inhibition activity. **Plants**, v. 11, n. 269, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.3390/plants11030269.

OSAKABE, Yuriko *et al.* Response of plants to water stress. **Frontiers in Plant Science**, [*s. l.*], v. 5, n. MAR, p. 86, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00086.

QIAN, Dan *et al.* Systematic Review of Chemical Constituents in the Genus Lycium (Solanaceae). **Molecules 2017, Vol. 22, Page 911**, [*s. l.*], v. 22, n. 6, p. 911, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.3390/MOLECULES22060911.

QUEIROL, X.; ALASTUEY, A.; MORENO, N.; ALVAREZ-AYUSO, E.; GARCÍA-SÁNCHEZ, A; CAMA, J.; AYORA, C.; SIMÓN, M. Immobilization of heavy metals in polluted soils by the addition of zeolitic material synthesized from coal fly ash. **Chemosphere**, v. 62, n. 2, p. 171-180, 2006.

RABÊLO, Valquíria Mikaela *et al.* The foliar application of a mixture of semisynthetic chitosan derivatives induces tolerance to water deficit in maize, improving the antioxidant system and increasing photosynthesis and grain yield. **Scientific Reports**, [*s. l.*], v. 9, n. 1, p. 8164, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41598-019-44649-7.

REICHARDT, Klaus; TIMM, Luís Carlos. **Solo, Planta e Atmosfera: Conceitos, processos e aplicações**. 2 ed.ed. Barueri: [*s. n.*], 2012.

ROVEDDER, A. P.; ELTZ, F. L. F.; GIRARDI-DEIRO, A. M.; DEBLE, L. Análise da composição florística do campo nativo afetado pelo fenômeno da arenização no sudoeste do Rio Grande do Sul. **Embrapa Pecuária Sul**, [*s. l.*], 2005.

SANTOS, Felipe Martini; TERRA, Gilberto; PIOTO, Daniel; CHAER, Guilherme Montandon. Recovering ecosystem functions through the management of regenerating community in agroforestry and plantations with *Khaya* spp. in the Atlantic Forest, Brazil. **Forest Ecology and Management**, [*s.l.*], v. 482, 118854, 2021. ISSN 0378-1127.

SCHNEIDER, Julia Renata; CAVERZAN, Andréia; CHAVARRIA, Geraldo. Water deficit stress, ROS involvement, and plant performance. **Archives of Agronomy and Soil Science**, [*s. l.*], v. 65, n. 8, p. 1160–1181, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1080/03650340.2018.1556789.

SILVA, Tania M. Sarmento; AGRA, Maria de Fátima; BHATTACHARYYA, Jnanabrata. Studies on the alkaloids of Solanum of northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, [*s. l.*], v. 15, n. 4, p. 292–293, 2005. Disponível em: https://doi.org/10.1590/s0102-695x2005000400005.

SOLANACEAE SOURCE I A GLOBAL TAXONOMIC RESOURCE FOR THE NIGHTSHADE FAMILY. [*S. l.*], [*s. d.*].

SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes; SILVA, Luis Alberto Pires da; GUASSELLI, Laurindo Antoio. **Arenização Natureza Socializada**. [*S. l.: s. n.*], 2012. ISSN 1098-6596.

TEIXEIRA, Walquíria Fernanda *et al.* Amino Acids as Stress Reducers in Soybean Plant Growth Under Different Water-Deficit Conditions. **Journal of Plant Growth Regulation 2019 39:2**, [*s. l.*], v. 39, n. 2, p. 905–919, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1007/S00344-019-10032-Z.

TIXIER, M.-S.; DOUIN, M.; KREITER, S. Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata) on plants of the family Solanaceae: results of a survey in the south of France and a review of world biodiversity. **Experimental and Applied Acarology 2020 81:3**, [*s. l.*], v. 81, n. 3, p. 357–388, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1007/S10493-020-00507-0.

TURNER, Neil C. Imposing and maintaining soil water deficits in drought studies in pots. **Plant and Soil 2018 439:1**, [*s. l.*], v. 439, n. 1, p. 45–55, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1007/S11104-018-3893-1.

WANG, Nanbo *et al.* Foliar application of betaine improves water-deficit stress tolerance in barley (Hordeum vulgare L.). **Plant Growth Regulation**, [*s. l.*], v. 89, n. 1, p. 109–118, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10725-019-00510-5.

WERDEN, Leland K. *et al.* Using soil amendments and plant functional traits to select native tropical dry forest species for the restoration of degraded Vertisols. **Journal of Applied Ecology**, [*s. l.*], v. 55, n. 2, p. 1019–1028, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1111/1365-2664.12998.

XU, Jidi *et al.* Single-base methylome analysis reveals dynamic epigenomic differences associated with water deficit in apple. **Plant Biotechnology Journal**, [*s. l.*], v. 16, n. 2, p. 672–687, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1111/PBI.12820.

YASIR, Muhammad; SULTANA, Bushra; ANWAR, Farooq. LC–ESI–MS/MS based characterization of phenolic components in fruits of two species of Solanaceae. **Journal of Food Science and Technology 2017 55:7**, [*s. l.*], v. 55, n. 7, p. 2370–2376, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1007/S13197-017-2702-9.

CAPÍTULO 8

POTENCIAL DA CULTURA DA MAMONA E SUAS DIFERENTES APLICAÇÕES

Data de aceite: 01/02/2022
Data de submissão: 23/12/2021

Amanda Pereira da Costa
Universidade Federal de Campina Grande– UFCG. Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar – CCTA
Pombal – PB
http://lattes.cnpq.br/1896876753417084

Kilson Pinheiro Lopes
Universidade Federal de Campina Grande– UFCG. Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar – CCTA
Pombal – PB
http://lattes.cnpq.br/2366117797494886

Paloma Domingues
Universidade Federal de Campina Grande– UFCG. Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar – CCTA
Pombal – PB
http://lattes.cnpq.br/9819533203393721

Lyandra Maria de Oliveira
Universidade Federal de Campina Grande– UFCG. Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar – CCTA
Pombal – PB
http://lattes.cnpq.br/2421808726725145

Maria Izabel de Almeida Leite
Universidade Federal de Campina Grande– UFCG. Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar – CCTA
Pombal – PB
http://lattes.cnpq.br/1366599503591295

Anny Karolinny de França Soares
Universidade Federal de Campina Grande– UFCG.Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar – CCTA
Pombal – PB
http://lattes.cnpq.br/2806018127496354

Anderson Felipe Rodrigues Coelho
Universidade Federal de Campina Grande– UFCG. Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar – CCTA
Pombal – PB
http://lattes.cnpq.br/5667136396997618

Alena Thamyres Estima de Sousa
Universidade Federal de Campina Grande– UFCG. Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar – CCTA
Pombal – PB
http://lattes.cnpq.br/9422043816685147

Vitória Cristina dos Santos Ribeiro
Universidade Federal de Campina Grande– UFCG. Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar – CCTA
Pombal – PB
http://lattes.cnpq.br/9979666214146886

Maria Luana Oliveira Silva
Universidade Federal de Campina Grande– UFCG. Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar – CCTA
Pombal – PB
http://lattes.cnpq.br/7309978645436553

Anderson de Araújo Mendes
Universidade Federal de Campina Grande– UFCG. Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar – CCTA
Pombal – PB
http://lattes.cnpq.br/2575006725705971

Antônio Carlos de Sena Rodrigues
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG
Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar – CCTA
Pombal – PB
http://lattes.cnpq.br/7657251831118742

RESUMO: A mamona (*Ricinus communis*), é classificada como planta oleaginosa, arbustiva, sendo conhecida também por carrapateira, palma de Cristo e rícino. A mamona surge em diferentes áreas geográficas, no entanto mesmo com bom estabelecimento é uma espécie muitas vezes considerada indesejável, contudo esta cultura possui importância industrial, graças à sua rica composição das suas estruturas e tecidos que tem como principal benefício a produção e extração de óleo. O principal produto da mamona é óleo extraído de suas sementes que é matéria-prima para a fabricação de produtos elaborados como biodiesel, plásticos, fibras sintéticas, esmaltes, resinas e lubrificantes. No Brasil, a região Nordeste é a principal produtora de mamona o estado da Bahia colheu uma produção de 15,1 mil\ ton), mais especificamente a microrregião de Irecê. Trabalhar, pesquisar, produzir ou estudar sobre a mamona é a possibilidade de combinar vários assuntos e várias disciplinas, já que trata de assuntos diversos como reações químicas, produção de energia, meio ambiente, agricultura familiar, armas e próteses na área médica. Trazer esse tema para a sala de aula e ambiente acadêmico possibilita o conhecimento sobre as novas alternativas de produção de energia e produtos dentro da perspectiva da forte tendência mundial ao uso de energias renováveis em substituição ao petróleo. O que fará da mamona um importante alternativa num cenário próximo, principalmente para regiões com escassez de água, como é o caso do Nordeste Brasileiro.
PALAVRAS-CHAVE: Ácido ricinoléico, Biodiesel, Fitorremediação e Óleo de mamona.

POTENTIAL OF THE CULTURE OF CASTOR AND ITS DIFFERENT APPLICATIONS

ABSTRACT: Castor bean (Ricinus communis), is classified as an oleaginous, shrubby plant, being also known as tick, palm of Christ and castor. Castor bean appears in different geographical areas, however, even with good establishment, it is often considered an undesirable species, however this crop has industrial importance, thanks to its rich composition of its structures and tissues, whose main benefit is the production and extraction of oil. Castor bean's main product is oil extracted from its seeds, which is the raw material for the manufacture of elaborated products such as biodiesel, plastics, synthetic fibers, enamels, resins and lubricants. In Brazil, the Northeast region is the main producer of castor bean, the state of Bahia harvested a production of 15.1 thousand\ton), more specifically the microregion of Irecê. s it deals with diverse subjects such as chemical reactions, energy production, environment, family farming, chemical weapons and prostheses in the medical field. Bringing this theme to the classroom and academic environment enables knowledge about new alternatives for energy production and products within the perspective of the strong global trend towards the use of renewable energy to replace oil. What will make castor bean an important alternative in a nearby scenario,

especially for regions with water scarcity, such as the case of the Brazilian Northeast.

KEYWORDS: Ricinoleic Acid, Biodiesel, Phytoremediation and Castor Oil.

INTRODUÇÃO

A mamona (*Ricinus communis*) pertence à família botânica Euphorbiaceae, classificada como planta oleaginosa, arbustiva, sendo conhecida também por carrapateira, palma de Cristo e rícino. A mamona surge em diferentes áreas geográficas (ANJANI, 2014) seu crescimento é favorável em torno de 20 ° C a 25 ° C, enquanto as temperaturas inferiores a 12 ° C ou superiores a 38 ° C afetam a germinação e o seu rendimento (AGYENIM-BOATENG, et al., 2019). A mamona é tradicionalmente considerada como planta daninha, em várias culturas quando surge esporadicamente em meio ao solo de produção, suas folhas grandes proporcionam sombra a diferentes espécies cultivadas (YIN et al., 2019).

Mesmo com bom estabelecimento é uma espécie muitas vezes considerada indesejável, contudo esta cultura possui importância industrial, graças à sua rica composição das suas estruturas e tecidos que tem como principal benefício a produção e extração de óleo. Da mamona tudo se aproveita: a torta, as folhas, as hastes e seu principal componente é o ácido ricinoleico encontrado nas sementes. O óleo de rícino extraído da semente é muito versátil, sendo utilizado em diversos setores, como os setores agrícola, farmacêutico e industrial. Os produtos de óleo de rícino incluem; pomadas, náilon, vernizes, lubrificantes de motor de avião, fluidos hidráulicos, corantes, detergentes, plásticos, couro sintético, cosméticos e perfumes (YING et al., 2017).

A respeito do cenário de produção e consumo mundial dos produtos e subprodutos da mamona, o consumo mundial da mesma é em torno de 1,5 toneladas, tendo como principais consumidores internacionais a Alemanha, China, França, EUA, Canadá, Argentina dentre outros, além do próprio Brasil. Isso é justificado, pois a mamona é uma matéria prima de caráter mundial atualmente, a produção de óleo de mamona é predominante na Índia, China e Brasil (GAD-ELKAREEM et al., 2019). A porcentagem do teor de óleo de semente varia de 40 a 60% e a produção anual de óleo é de cerca de 1,8 milhões de toneladas em todo o mundo. Graças a composição química do óleo de rícino e sua grande amplitude de aplicação, a mamona vem sendo usada intensamente na indústria (MUBOFU, 2016; YUSUF et al., 2015).

No Brasil a região Nordeste, a espécie é encontrada em abundância, concentrando cerca de 90% da produção nacional, de acordo com o IBGE (BRASIL, 2017). De acordo com a mesma fonte, o estado da região Nordeste que possui a maior produção é Bahia, só ela responde por 90% da produção do Nordeste. A mamona apresenta ampla vantagem competitiva na produção, com reduzidos custos produtivos e ótima adaptação e resistência às secas, tornando-se alternativa viável para a produção e de fácil manejo. Em outras regiões, porém, a mamona encontra forte concorrência frente a outras culturas mais

rentáveis, conforme esclarecem Kouri et al (2004). Sem embargo, para o Nordeste, é justamente a inexistência de uma variedade de culturas concorrentes que retarda a adoção de novas tecnologias para a mamona na região.

Ogunniyi (2006), relata que a principal razão para a grande demanda mundial pelo óleo de mamona são suas variadas formas de utilização, como hidrogenado, desidratado e oxidado, e a base dos mais diversos produtos industriais. Do processamento da mamona a extração do óleo formado a partir da moagem de seus frutos e cachos e um importante subproduto da a torta e farelos que são produzidos. Estes subprodutos possuem grande importância. A torta por exemplo tem sido utilizada predominantemente como adubo orgânico para culturas como mandioca, milho, feijão, entre outras, e como matéria-prima para a produção de aminoácidos, plásticos, em especial biodegradáveis, colas, inseticidas, além de servir como um controlador da atividade de nematoides no solo (LIMA et al., 2008).

DESENVOLVIMENTO

Distribuição da mamona no mundo e a produção nacional

Os principais países produtores de mamona no mundo incluem a Índia, Moçambique, China, Brasil, Etiópia, Paraguai e Tailândia (SINGH, 2015b). Atualmente, a Índia é o país com a maior produção de grãos desta oleaginosa, com 87% das 2,0 milhões de toneladas produzidas mundialmente, produzindo 25,1 vezes mais que Moçambique, segundo maior produtor; 43,3 vezes mais que a China, terceiro maior produtor; e 46,1 vezes mais do que o Brasil, quarto maior produtor. Até 1978, o Brasil ocupava a posição de maior produtor mundial de mamona, mas atualmente o país contribui com menos de 2% da produção global (FAOSTAT, 2017).

No Brasil, a região Nordeste é a principal produtora de mamona, sendo responsável por mais de 82,5% da produção Nacional, com destaque para a Bahia (na safra 2017\2018, o estado baiano plantou uma área de 27 mil\ha e colheu uma produção de 15,1 mil\ton), mais especificamente a microrregião de Irecê. Segundo a Conab (2018), o Brasil cultiva 31,6 mil hectares de mamona, o que representa um aumento de 12,9% em relação à safra anterior. Contudo, essa cultura pode ser cultivada em várias regiões do país, encontrando-se plantios comerciais nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul. A área ocupada pela cultura em Mato Grosso é relativamente pequena quando comparada às culturas de soja e algodão, porém está em franco crescimento devido à existência de indústria esmagadora na região sul do Estado e a possibilidade da realização de colheita mecanizada em cultivares híbridas (EMPAER-MT, 1999).

Descrição

Segundo Vidal (1980) taxonomicamente a mamona pertence à subdivisão Fanerogamae ou Espermatophita, filo Angiospermae classe Dicotiledonea, subclasse

Archichlamydae, odem Gerraniales família Euphorbiaceae gênero Ricinus espécie *Ricinus communis*. A mamoneira, segundo Beltrão et al. (2001), é uma planta extremamente complexa quanto à morfologia, biologia floral e fisiologia, apresentando grande variabilidade em diversas características, como hábito de crescimento (determinado e indeterminado, com porte variando de 8 m a mais de 7 m de altura), vários tipos de expressão da sexualidade, elevadas taxas de respiração e particularidade da inflorescência. Podem-se encontrar tipos botânicos com porte baixo ou arbóreo, ciclo anual ou semiperene, com folhas e colmos de cores verde, vermelho ou rosa, com a presença ou não de cera no colmo, com frutos inermes ou com espinhos, deiscentes ou indeiscentes, com sementes de diversos tamanhos e colorações e diferentes teores de óleo (SAVY FILHO, 2005).

As folhas apresentam filotaxia alternada, são simples, grandes, podendo variar quanto à largura do limbo, cor, cerosidade, comprimento do pecíolo e na profundidade dos lóbulos. O caule é geniculado, espesso e ramificado, podendo apresentar variações quanto à cor e a presença de cera (CARVALHO et al., 2005). Trata-se de uma espécie parcialmente autógama, porém com alta taxa de alogamia, podendo chegar a 40% de taxa de cruzamento. (GURGEL, 1945).

O florescimento da mamoneira é chamado botanicamente de simpodial os racemos desenvolvem-se sequencialmente, com intervalos médios de 20 a 35 dias entre a emissão das inflorescências primárias, secundárias e terciárias, de acordo com o padrão de desenvolvimento da ramificação da planta (SAVY FILHO, 2005).

O fruto da mamona trata-se de cápsulas globosas com cerca de 2,5 cm de diâmetro (SAVY FILHO, 2004). Botanicamente são cápsulas tricoca, comumente providas de três lojas, cada uma delas com uma semente, podendo ser deiscentes, indeiscentes ou semi-deiscentes, dependendo da cultivar (DUKE, 1983). São verdes ou vermelhos com colorações intermediárias, assumindo tonalidade amarronzada quando maduros (BELTRÃO et al., 2001). Quando maduro, o fruto é uma cápsula globular que se torna duro e quebradiço e, ocasionalmente, partindo-se em estilhaços na maturidade (especialmente em variedades de porte alto). As sementes são ovais, parecidas com feijão e marrom claro, manchadas com manchas marrom-escuras e diferentes em comprimento 0,5 a 2 cm (BRADBERRY et al. 2003), e têm um apêndice verrucoso chamado de "carúncula". As folhas, raízes e sementes são utilizadas na medicina fitoterápica e além.

Quanto ao desenvolvimento fisiológico, a mamona é uma espécie que apresenta metabolismo fotossintético do tipo C3, onde possui elevada taxa de fotorrespiração, sendo considerada ineficiente e pouco competitiva. Apesar de se adaptar a diferentes comprimentos do dia, a mamona, é considerada uma espécie heliófila, precisa de dias longos com fotoperíodo de 12 horas para produzir satisfatoriamente (BELTRÃO et al., 2003).

Foto 1: Botânica, morfologia externa da *Ricinus communis,* (A) estrutura completa, (B) frutos dispostos sobre o eixo caulinar, (C) inflorescência, (D) sementes, (E) flor, (F) fruto em corte transversal, (G) folha (CARVALHO et al., 2005).

A mamoneira apresenta aproveitamento integral de todas as suas estruturas, do seu fruto pode se obter como produto principal o óleo, que é um produto estável sob variadas condições de pressão e temperatura, e como subproduto a torta, a qual pode ser utilizada como adubo orgânico e principalmente na produção de biodiesel (TAKANO et al., 2007 apud COSTA et al., 2004). A haste da mamona, além da celulose para a produção de papel, fornece matéria prima para tecidos grosseiros e, das sementes, são extraídos a torta e o óleo. Este último derivado é um dos mais versáteis da natureza, além do que, trata-se de um produto renovável e barato (AZEVEDO et al., 1997).

Composição

A mamona é classificada como uma planta oleaginosa, pois possui óleos e que podem ser extraídos de seus tecidos por meio de processos adequados. Com elevado valor industrial, já que o óleo extraído de suas sementes é matéria-prima para a fabricação de produtos elaborados como biodiesel, plásticos, fibras sintéticas, esmaltes, resinas e lubrificantes (CANGEMI; DOS SANTOS; CLARO, 2010).

No óleo extraído da mamona pode se encontrar triglicerídeo do ácido ricinoléico, que é um ácido graxo hidroxilado pouco frequente nos óleos vegetais, este está presente numa faixa de 84,0% a 91,0% da sua composição. Essas características químicas são atípicas quando comparadas à maioria dos óleos vegetais. A estrutura molecular do triglicerídeo do ácido ricinoléico sendo que este possui a particularidade de ser um dos poucos ácidos graxos naturais cuja estrutura química possui três grupos funcionais altamente reativos: o grupo carbonila no primeiro carbono, a dupla ligação (ou insaturação) no 9º carbono e o grupo hidroxila no 12º carbono (CANGEMI, 2010).

O óleo produzido a partir da mamona é um dos seus principais produtos, este é extraído das sementes e possui mercado internacional crescente, garantido por mais de 700 diferentes aplicações que incluem desde uso medicinal em cosméticos até a substituição ao petróleo na fabricação de plásticos e lubrificantes (NASCIMENTO e MACHADO, 2006).

O produto também é utilizado na fabricação de tintas e isolantes, na produção de fibra óptica, vidro à prova de balas e próteses ósseas. Além disso, é indispensável para impedir o congelamento de combustíveis e lubrificantes de aviões e foguetes espaciais quando atingem baixíssimas temperaturas (CHAGAS et al., 2014).

Esses recursos fornecem resistência adicional à estrutura do óleo. (BERUK et al., 2018). A funcionalidade do óleo de mamona é cerca de 2,7 e massa molecular média de 950 g mol-1 (SCHNEIDER, 2003). Esses grupos funcionais fazem com que o óleo de mamona possa ser submetido a diversos processos químicos, nos quais pode ser obtida uma enorme gama de produtos, o que torna o óleo de mamona muito valioso (BUNKER e WOOL, 2002).

Uma das aplicações de grande valor econômico do óleo de mamona é a fabricação do nylon e da matéria plástica empregada na fabricação de espumas plásticas, onde o óleo de mamona confere ao material texturas variáveis, desde a macia e esponjosa até a dura e rígida (FORNAZIERI, 1986). O óleo de mamona também é empregado para produção de corantes, anilinas, desinfetantes, germicidas, colas e aderentes, base para fungicidas e inseticidas, tintas de impressão e vernizes. O óleo de mamona transformado em plástico, sob a ação de reatores nucleares, adquire a resistência do aço, mantendo a leveza da matéria plástica. Atualmente, no Brasil, as sementes de mamona estão sendo cogitadas como uma das principais fontes para a produção de Biodiesel. Graças a essa rica constituição química em quantidade de óleos, proteínas, carboidratos e fibras a mamona é considerada "petróleo verde" pelas suas várias utilizações que não entram na cadeia alimentícia (SALLES et al., 2015).

Produtos e subprodutos

Por meio da ricinoquímica, muitos produtos elaborados podem ser obtidos a partir do óleo de mamona em diversos setores como o médico, farmacêutico, de cosméticos e aeronáutico (CANGEMI; SANTOS; CLARO NETO, 2010).

Biodiesel

Os dois principais biocombustíveis líquidos que passaram a ser usados no Brasil, e que ainda são os mais utilizados, foram o etanol derivado da cana-de-açúcar e o biodiesel derivado de óleos vegetais ou gordura animal (ANP, 2016). A queima do biodiesel provoca a queda nas emissões de gases que provocam o efeito estufa. De acordo com Gomes (2005), os valores de redução podem atingir cerca de 60% para o CO e SO2 e 8,6% para o CO2. Logo, a substituição do diesel pelo biodiesel se caracteriza como uma opção interessante, visto que esse pode ser obtido de óleos e gorduras, tanto animais quanto vegetais (REGINATO, 2011; MME, 2014).

Por apresentar características singulares tais como a alta viscosidade e o baixo índice de cetano, o estudo da dinâmica de combustão do biodiesel de mamona e de suas

misturas parciais ao óleo diesel apresenta informações mais nítidas que as fornecidas por biodieseis convencionais tais como o de óleo de soja (GOMES et al., 2020).

De acordo com Berman, Nizri e Wiesman (2011), o biodiesel de mamona confere maior estabilidade oxidativa do biodiesel quando comparado à soja, sendo esta última altamente susceptível à degradação, embora, favoravelmente, apresente menor viscosidade do que o biodiesel de mamona (USTRA et al, 2013). Em função dos diferentes parâmetros físico-químicos, estima-se que a utilização de diferentes proporções de biodiesel de soja e de mamona pode favorecer a obtenção de novos parâmetros adequados para a utilização em motores.

O Brasil, possui excelentes condições edafo-climáticas, com potencial de abastecer com biodiesel o consumo mundial, podendo substituir em 60% o óleo diesel de petróleo, levando em consideração que 1.000 kg de óleo vegetal produz 1000 litros de biodiesel, sendo que, 1000 kg de mamona produzem 470 kg de óleo vegetal (PARENTE, 2004). Em consequência disso, o Governo Federal lançou em 2004 o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) que é um programa interministerial que objetiva a implementação de forma sustentável, tanto técnica, como economicamente, da produção e uso do Biodiesel no Brasil.

Torta de mamona

Após a extração do óleo, o mais tradicional e importante subproduto da mamona é a torta, com características fibrosas, porém altamente proteica (ARAÚJO et al., 2020). É produzida na proporção aproximada de 1/2 toneladas para cada tonelada de óleo extraído (AZEVEDO e LIMA, 2001).

Em sua grande maioria, a torta de mamona é utilizada como adubo orgânico, apresentando potencial fertilizante orgânico na adubação de solos, podendo ainda ser empregada como matéria-prima para a produção de aminoácidos, plásticos, em especial os biodegradáveis, colas, inseticidas, entre outros produtos (SEVERINO, 2012). Nestas condições a torta de mamona apresenta elevadíssima porcentagem de matéria orgânica e riqueza dos macroelementos (ARAÚJO et al., 2020). A adição de torta de mamona ao solo, com dosagens variando de acordo com a cultura e o tipo de solo, é rico ou não em nutrientes, além de suprir as necessidades nutricionais das plantas aumenta o pH, reduzindo a acidez total, elevando o conteúdo de carbono e promovendo melhoria geral na parte física do mesmo (BELTRÃO, 2009).

Fonte	Nitrogênio (N)	Fósforo (P)	Potássio (K)	Cálcio (Ca)
Torta de Mamona	37,70	16,20	11,20	64,10
Esterco Bovino	3,40	1,30	3,50	8,20
Esterco Misto	5,00	2,60	0,53	8,12
Torta de Algodão	31,30	12,70	11,70	55,70

Tabela 3: Poder fertilizante de alguns adubos vegetais em kg/ton (CAMGENI e CLARO NETO, 2010).

USO AGRÍCOLA

Fonte de nutrientes orgânicos

A demanda por fonte de nutrientes orgânicos é crescente, o que tem promovido acréscimos significativos dos preços desses insumos nos últimos anos (CARNEIRO et al., 2014). A torta de mamona funciona como condicionante do solo da estrutura do mesmo, ou seja, da bioestrutura, devido a riqueza em fibra, pois é este material que ao ser processado por bactérias aeróbicas como *Cytophoga* e *Sporocytophaga* que produzem a cola bacteriana, elemento fundamental para formação dos grumos e a consequente estabilidade dos agregados nos solos tropicais. Para cada tonelada de semente de mamona processada, são geradas 620kg de casca e 530 kg de torta de mamona (FRACETTO, 2009).

A torta de mamona apesar de conter 30 40% de proteína que contém o perfil de aminoácidos ideal com cisteína, metionina e isoleucina, no entanto, não é seguro como animal ração devido à presença de compostos tóxicos como ricina, alergina e ricinina (PRASAD, 2010). É considerado uma fonte rica de adubo orgânico concentrado, pois contém 6,6% de N, 2,6% P2 O5 e 1,2% K2 O (bolo de semente decorticada) e 4,5% N, 0,7% P2 O5 e 1,9% K2 O (bolo de semente não corticada) e pode ser aplicado a campos agrícolas. É usado principalmente para canavial já que este bolo não é atacado por formigas brancas. Cerca de 100 kg de bolo de mamona fornecerá nitrogênio equivalente a 1800 kg de esterco de vaca, portanto, fonte potencial para a agricultura orgânica (RAMANJANEYULU et al., 2017).

A utilização destes resíduos na agricultura como fonte de nutrientes para as plantas, além de favorecer aumento na produção, também pode melhorar a qualidade dos alimentos (CANDIAN, 2018). Além disso, pode ser aplicado a qualquer tipo de solo o que incentiva a atividade microbiana do solo, promove o desenvolvimento da raiz e resistência ao frio do inverno. O resíduo da mamona deve ser aplicado pelo menos três semanas antes da semeadura da safra e o campo deve ser mantido úmido durante a degradação dos tóxicos. Aplicação de bolo de mamona pode também ser útil na redução do custo do fertilizante fosfático (GUPTA et al., 2006).

Souza (2009) relatou efeito quadrático para o número de folhas em alface com doses de torta de mamona no plantio. E Martins et al. (2013) observaram que a utilização de

fontes orgânicas na adubação da alface, inclusive através de torta de mamona, incrementa em mais de 60% o número de folhas em relação a não utilização de adubação (CANDIAN, 2018). Por ser rica em nitrogênio a torta ao ser fornecida para o desenvolvimento da alface contribui com o seu crescimento e desenvolvimento, pois este nutriente está presente na composição de aminoácidos e proteínas, constituinte de macromoléculas e enzimas, segundo Faquin (2005), o nitrogênio é um dos nutrientes exigidos em maior quantidade pelas plantas, constituindo de 2 a 5% da matéria seca da planta.

Lanna (2018) observou o aumento linear na produção de frutos de abobrinha em função das doses de torta de mamona. Dentro da faixa estudada para cada 1 t ha-1 de torta de mamona em cobertura, aumenta-se, por planta, 0,593 frutos totais, 0,579 frutos comerciais, 121,18 g de massa total de frutos e 118,07 g de massa de frutos comerciais. Esse aumento linear é explicado por Queiroga et al. (2007) que relatam que em cucurbitáceas, à medida que se aumenta as doses de N, até determinado limite, faz com que haja um efeito na produção de fotoassimilados e, consequentemente, na produção de frutos.

TRATAMENTO DE SOLO COM METAL PESADO

A fitorremediação é uma alternativa atrativa aos tratamentos convencionais de solo devido às vantagens como baixo custo, grandes áreas de aplicação e possibilidade de tratamento in situ (RISSATO et al., 2015). Para recuperação de áreas degradadas, e ou a remoção de um agente tóxico no solo, tais como metais pesados, é usual e econômico o emprego de técnicas de fitorremediação. Esta técnica se vale do uso de espécies de plantas que utilizam diferentes mecanismos diante destes contaminantes, como fitoextração e fitoestabilização (GABRIEL et al., 2016).

A exposição excessiva a metais pesados cobre (Cu), manganês (Mn), molibdênio (Mo), no solo afeta o crescimento da planta ao interromper os pigmentos fotossintéticos, a reação enzimática e a fisiologia da planta (SILVA et al. 2017). Além disso, os metais pesados induzem estresse oxidativo pela produção de espécies reativas de oxigênio (ROS) nas plantas (Mallhi et al. 2019). Os metais pesados podem afetar a saúde humana à medida que entram na cadeia alimentar através das plantas que absorvem água e nutrientes minerais do solo contaminado. Por essas razões, a recuperação de solo contaminado com metais seria benéfica para fins agrícolas (YEBOAH et al., 2020).

Ricinus communis pode tolerar grandes quantidades de metais, adotando diferentes estratégias, que incluem a produção de enzimas antioxidantes, localização subcelular e exsudação de ácido orgânico. No nível molecular, *R. communis* pode tolerar o estresse por metais ativando genes responsivos ao estresse. Devido às suas raízes fortes e profundas, auxiliando no alto acúmulo de metal e alto nível de biomassa (YEBOAH et al., 2020).

Boda (2017) avaliou a eficiência da espécie Ricinus communis em uma área industrial de Hyderabad, cidade da Índia, onde os solos e a planta possuíam altas concentrações de

metais como cádmio (Cd), chumbo (Pb), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), fósforo (P). A mamona demostrou potencial para uso em técnicas de fitorremediação de metais pesados mediante aos mecanismos de fitoestabilização, visto que apresentam capacidade de bioconcentrar, os metais pesados no solo (DA SILVA, 2019).

Babaeinejad et al. (2015) também revelou que *R. communis* teve maior biomassa do que *Solanum nigrum* L. quando exposto à mesma quantidade de estresse de Cd. Alves et al. (2016) concluíram que a tendência de redução da biomassa foi *Chrysopogon zizanioides* L.> *Fagopyrum esculentum* Moench> *Helianthus annuus* L.> *R. communis* com concentração crescente de estresse de Pb no meio de crescimento. O efeito reduzido do metal na biomassa de *R. communis* pode ser atribuído ao seu sistema radicular maior e mais forte.

PRODUÇÃO ANIMAL

O valor nutritivo dos subprodutos da extração de óleo das sementes de mamona depende diretamente do método de extração, da espécie, do grau de decorticação da semente (remoção da casca da semente) e do processamento do produto resultante (POMPEU, 2009). O alto teor de proteína do farelo torna-se uma fonte alternativa para alimentação animal, em substituição a outros farelos, ingrediente bastante oneroso no sistema de produção. Porém, o farelo de mamona, apresenta em sua constituição compostos nitrogenados com características anti-nutricionais, a ricina, ricinina e o fator alergênico CB1-A bem como elevados teores de fibra bruta, que dificultam seu aproveitamento pelo animal. (SANTANA et al., 2010).

O óleo de mamona é rico em ácido ricinoleico, um ácido graxo cis12 hidroxioctadecenóico, que lhe confere ação antimicrobiana, anti-inflamatória, antirradicais livres, antifúngico e anticoccidiano. Essas propriedades estão envolvidas com a melhoria do desempenho produtivo, por melhorar a digestão e absorção de nutrientes. Este óleo pode ainda modular a fermentação ruminal, alterando a proporção dos ácidos graxos de cadeia curta produzidos e o processo de biohidrogenação ruminal de ácidos graxos (MORAIS et al., 2011).

Nicory et al. (2013) avaliaram o desempenho de cordeiros submetidos a dietas com farelo de mamona e observaram que o consumo de matéria seca, matéria orgânica e carboidratos totais não foram influenciados pelos níveis de farelo de mamona. Porém o consumo de carboidrato não fibroso diminuiu enquanto que o consumo de fibra em detergente neutro aumentou linearmente. Os consumos de proteína bruta e de 12 nutrientes digestíveis totais apresentaram efeito quadrático com valores máximos de 0,23 e 0,68 kg/dia para os níveis de 10,87 e 22,25% do coproduto. Não houve efeito para os ganhos de peso médio diário e total, assim como para conversão alimentar.

USO INDUSTRIAL

O óleo de mamona é também utilizado em outros processos industriais como na fabricação de corantes, anilinas, desinfetantes, germicidas, óleos lubrificantes de baixa temperatura, colas e aderentes; serve de base para fungicidas, inseticidas, tintas de impressão, vernizes, nylon e matéria plástica. (SANTOS et al., 2001). A importância do óleo de mamona é evidenciada através da larga aplicação industrial, cujos derivados são sintetizados pela atuação de reações na molécula do grupo hidroxila. O óleo de mamona possui utilização direta na confecção de cosméticos e produtos de toalete (SAVY FILHO, 1999). Ressalta-se seu uso também na biomedicina, na elaboração de próteses, com destaque em cirurgias ósseas de mama e de próstata (BDMG, 2000).

Como na composição de painel de partículas de média densidade MDP (parte estrutural de móveis, como portas, gavetas, prateleiras, além de ser útil também para painéis tamburatos) com resina poliuretana à base de óleo de mamona com adição de cimento. Um dos adesivos mais utilizados na fabricação dos painéis de partículas é a ureia-formaldeído, que apresenta boa resistência à umidade, baixo custo, cura à temperatura ambiente ou alta temperatura (130 ºC a 200 ºC) (MANTANI, 2018). Entretanto, esse adesivo emite gases tóxicos, não é renovável e dificulta a reciclagem dos produtos finais.

Um adesivo menos utilizado, mais amplamente encontrado em pesquisas, é a resina obtida a partir do óleo de mamona (resina poliuretana à base de mamona), um produto de origem da biomassa que apresenta temperatura de prensagem (a partir de 60 ºC) significativamente menor que a do uréia-formaldeído para a fabricação dos painéis (SOUZA, 2018). Além disso, é comum a utilização de preservantes hidrossolúveis como o arseniato de cobre cromatado (CCA), que confere proteção contra fungos, insetos e brocas marinhas, não exalando odores e vapores tóxicos ao homem, nem aumentando a combustibilidade do painel (ALMEIDA, 2019).

Os poliésteres biodegradáveis são uma das aplicações mais comuns com óleo de rícino (KUNDURU et al., 2015) .Os poliésteres são os primeiros polímeros de condensação sintéticos preparados por Carothers durante a década de 1930 (CAROTHERS, 1929) São reconhecidamente biodegradáveis e ecologicamente corretos, com ampla gama de aplicações na área biomédica, bem como na preparação de elastômeros e materiais de embalagem (VILELA; SOUSA; FONSECA, 2014). Os andaimes de ácidos graxos são polímeros biodegradáveis desejáveis, embora sejam restritos por sua propriedade monofuncional. O óleo de rícino pode ser combinado com outros monômeros para produzir uma série de copolímeros. O ajuste fino desses copolímeros pode fornecer materiais com diferentes propriedades que podem ser usados em produtos que variam de implantes sólidos a gel hidrofóbico injetável in situ (KUNDURU et al., 2015).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta revisão, apresentamos uma análise extensa e intensiva sobre o uso e potencial da mamona, em diversos âmbitos, desde industrial ao farmacológico. Visto a busca por novas fontes de energia, alternativas de matéria prima para a produção industrial, recuperação de áreas degradadas pelas atividades antrópicas, e o biodiesel. Por isso a mamona está sendo cotada como uma commodity promissora que terá uma variedade de aplicações nos próximos anos, principalmente como fonte de energia renovável. Claro que este cenário só é possível pela rica constituição química em quantidade de óleos, proteínas, carboidratos e fibras encontrados na mamona, considerada "petróleo verde" pelas suas várias utilizações.

Trazer esse tema para a sala de aula e ambiente acadêmico possibilita o conhecimento sobre as novas alternativas de produção de energia e produtos dentro da perspectiva da forte tendência mundial ao uso de energias renováveis em substituição ao petróleo. Sendo essencial para a produção e comercialização da mamona a pesquisa científica acerca dos parâmetros de processamento necessários para melhorar o rendimento do óleo e seus subprodutos. Através da biotecnologia e os avanços em modelos e simulações têm facilitado a otimização dos principais parâmetros de processamento necessários para obter bons rendimentos desta cultura.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2014. **Dispõe sobre a especificação do biodiesel contida no Regulamento Técnico ANP nº 3/2014** e as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos diversos agentes econômicos que comercializam o produto em todo o território nacional. Resolução n° 45, de 25 de agosto de 2014. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 ago. 2014. Seção 1, p 68.

AGYENIM-BOATENG, K. G., LU, J., SHI, Y., ZHANG, D., YIN, X. **SRAP analysis of the genetic diversity of wild castor (Ricinus communis L.) in South China**. Plos one, v. 14, n. 7, p. 67, 2019.

ALMEIDA, A. S. **Influence of CCA-A preservative on physical-mechanical properties of Brazilian tropical woods.** BioResources, v. 14, n. 2, p. 3030-3041, 2019.

ALMUHAIZA, M. Glass-ionomer cements in restorative dentistry: a critical appraisal. *J Contemp Dent Pract.* 2016;17(4):331–336.

ARAÚJO, R. A., NEIVA, J. N. M., ROGÉRIO, M. C. P., CÂNDIDO, M. J. D., EGITO, A. S., PEREIRA, P. L., POMEU, R. C. F. F. **Destoxificação e perfil nutricional da torta de mamona destoxificada por diferentes soluções alcalinas.** Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecni**a**, v. 72, n. 5, p. 1947-1958, 2020.

AZEVEDO, D. M. P. et al. **Recomendações técnicas para o cultivo da mamona**. Circular Técnica, n.25, p.52, 1997.

BABAEINEJAD, T., JAAFARZADEH, N., MOEZZI, A., RASEKH, A. **A study on the effect of uptake and Cd absorption index on phytoremediation of Ricinus communis L. and Solanium nigrum L.** Advances in Environmental Biology, p. 234-241, 2015.

BAJAY, M. M. **Desenvolvimento de marcadores microssatélites e caracterização do germoplasma de mamona (Ricinus communis L.)**. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BELTRÃO, N. D. M., OLIVEIRA, M. I. P. **Detoxicação e aplicações da torta de mamona.** Embrapa Algodão-Documentos (INFOTECA-E), 2009.

BELTRÃO, N. E. M.; SILVA, L. C. VASCONCELOS, O. L.; AZEVEDO, D. M. P.; VIEIRA, D. J. Fitologia. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p.37-62.

BERMAN, P., NIZRI, S., WIESMAN, Z. **Castor oil biodiesel and its blends as alternative fuel. biomass and bioenergy**, v. 35, n. 7, p. 2861-2866, 2011.

BERUK, A. B., ABEL, W. O., ASSEFA, A. T., SINTAYEHU, S. H. **Studies on Ethiopian castor seed (Ricinus communis L.): extraction and characterization of seed oil**. Journal of Natural Production Resource, v. 4, n. 2, p. 188-190, 2018.

BODA, R. K., MAJETI, N. V. P., & SUTHARI, S. **Ricinus communis L Ricinus communis L.(castor bean) as a potential candidate for revegetating industrial waste contaminated sites in peri-urban Greater Hyderabad: remarks on seed oi**l. Environmental Science and Pollution Research, v. 24, n. 24, p. 19955-19964, 2017.

BRADBERRY, S. M., DICKERS, K. J., RICE, P., GRIFFITHS, G. D., VALE, J. A**. Ricin poisoning**. Toxicological reviews, v. 22, n. 1, p. 65-70, 2003.

BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Portal de informações sobre a mamona, 2017.

BUNKER, S. P.; WOOL, R. P. **Synthesis and characterization of monomers and polymers for adhesives from methyl oleate**. Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry, v. 40, n. 4, p. 451–458, 2002.

CANDIAN, J. C. **Doses and times of application of castor bean cake in the production, physicochemical characteristics and macronutrient contents in cauliflower under organic management**. 2018.

CANGEMI, J. M.; SANTOS, A. M. CLARO NETO, S. **A Revolução Verde da Mamona**. Revista Química Nova na Escola; vol. 32, n. 1, p.6-7, 2010.

CARNEIRO, B., PEREIRA, P., P. D. H., DOS SANTOS PINA, DCARNEVALLI, R. A. LOPES, L. B. **Intensificação da produção animal em pastagens: Anais do 1º Simpósio de Pecuária Integrada**. 2014.

CAROTHERS, W.H. **Studies on polymerization and ring formation. I. An introduction to the general theory of condensation polymers**. *J Am Chem Soc.* 1929;51(8):2548–2559.

CARVALHO, J. M. F.C.; RIBEIRO, C. S. N.; SILVA, H.; SANTOS, J. W. **Propagação in vitro e aclimatação a partir de sementes inviáveis armazenadas no banco ativo de germoplasma de mamona.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 12p.

CHAGAS, H. A. BASSETO, M. A., ROSA, D. D., TOPPA, E. V. B. FURTADO, E. L., ZANOTTO, M. D. **Avaliação de fungicidas, óleos essenciais e agentes biológicos no controle de Amphobotrys ricini em mamoneira (Ricinus communis L.).** Summa Phytopathologica, v. 40, n. 1, p. 42-48, 2014.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos. v.5, Safra 2017/18, n.10, Décimo levantamento, Julho, 2018.

COSTA, J.V. **Desempenho produtivo de vacas lactantes alimentadas com farelo de mamona tratado com óvxido de cálcio.** Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, UFV, Minas Gerais – MG, 10 p. 2010.

COSTA, W. D. S. da. **Potencial nutricional dos coprodutos das sementes oleaginosas do setor de bioenergia na substituição do farelo de soja e do milho para a segurança alimentar e sustentabilidade da produção de pequenos ruminantes**. 110 f. 2019. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba.

EMPAER-MT. Diretrizes Técnicas para o cultivo da mamona no Vale do São Lourenço. Cuiabá: EMPAER-MT, p.48, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Artigo: Produção de fertilizante orgânico de origem 100% vegetal por meio da compostagem. 2014.

FAQUIM, V. Nutrição Mineral de Plantas. EDITORA – Apostila. UFLA/FAEPE 2005. 20 FERREIRA, K. S. Crescimento e Acúmulo de Nutrientes em Mudas de Aceroleira Adubadas com Nitrogênio e Potássio. UFSJ, 2014.

FERREIRA, V. B. **Avaliação de extratos de mamona ricinus communis e do coité crescentia cujete l. no controle de aphis craccivora koch (hemiptera: aphididae) em feijão caupi**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Brasil.

Fogel HM, Peikoff MD. Microleakage of root-end filling materials. J Endod. 2001;27:456–458.

FORNAZIERI, A. **Mamona, uma rica fonte de óleo e divisas.** Coleção Brasil Agrícola, Editora Ícone, São Paulo. 1986.

FRACETTO, F.J.C. **Estoque de carbono e nitrogênio e estrutura da comunidade de diazotróficas em solos de caatinga com plantio de mamona**. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FRANKE, H., SCHOLL, R., AIGNER, A. ACHIM. Ricin and Ricinus communis in pharmacology and toxicology-from ancient use and “Papyrus Ebers” to modern perspectives and “poisonous plant of the year 2018”. **Naunyn-Schmiedeberg’s archives of pharmacology**, v. 392, n. 10, p. 1181-1208, 2019.

GABRIEL, F. ÂLORENA, E. M. G. DE GONDRA BEZERRA, A. P. X., SANTOS, Í. G. S., MORAES, A. S.,NETO, F. C. R. **Pollution by Heavy Metals: Environmental Implications and Key Strategies for Remediationl Poluição por metais pesados: implicações ambientais e estratégias-chave para remediação**. Revista Geama, p. 456-465, 2016.

GAD-ELKAREEM, M. A., ABDELGADIR, E. H., BADAWY, O. M., KADRI, A. **Potential antidiabetic effect of ethanolic and aqueous-ethanolic extracts of Ricinus communis leaves on streptozotocin-induced diabetes in rats**. PeerJ, v. 7, p. e6441, 2019.

GOMES, F. A. F., PEREIRA, M. P. B. BUENO, A. V., RIOS, M. A. D. S. **Impacto da mistura b20 do biodiesel de mamona no atraso de ignição e na fração de queima pré-misturada.** 2020.

GURGEL, J. T. A. **A presença de carúncula na germinação de bagas de mamona. O solo, Piracicaba,** v.44, n.1, p.57-59, 1952.

HEINZ, P. B. *Practical Lubrication for Industrial Facilities.* Fairmont Press; 2009.

KUNDURU, K.R. BASU, A. HAIM, M. DOMB, A. J. **Castor oil-based biodegradable polyesters.** ***Biomacromolecules.*** 2015;16(9):2572–2587.

LANNA, N. D. B. L. **Composto orgânico e torta de mamona na produção e qualidade de frutos e sementes de abobrinha-de-moita**. 2018.

LIMA, R. D. L. S., SEVERINO, L. S., ALBUQUERQUE, R. C. DE MACÊDO BELTRÃO, N. E., & SAMPAIO, L. R. **Casca e torta de mamona avaliados em vasos como fertilizantes orgânicos**. Revista Caatinga, v. 21, n. 5, p. 102-106, 2008.

MALLHI, Z. I., RIZWAN, M., MANSHA, A., ALI, Q., ASIM, S., ALI, S.,AHMAD, P. **Citric acid enhances plant growth, photosynthesis, and phytoextraction of lead by alleviating the oxidative stress in castor beans**. Plants, v. 8, n. 11, p. 525, 2019.

MANTANIS, G. **I.Adhesive systems used in the European particleboard, MDF and OSB industries.** Wood Material Science and Engineering, v. 13, n. 2, p. 104-116, 2018.

MARTINS, I. S.; SILVA, I. M.; FERREIRA, I.; MELO, L. F.; NOMURA, M. **Produtividade de alface em função do uso de diferentes fontes orgânicas fosfatadas.** FAZU em Revista, Uberaba, n. 10, p. 36-40, 2013.

MUBOFU, E. B. **Castor oil as a potential renewable resource for the production of functional materials**. Sustainable Chemical Processes, v. 4, n. 1, p. 1-12, 2016.

NASCIMENTO, V. V. MACHADO, O. L. T. **Albuminas 2S de mamona apresentam funções de reserva e defesa**. 2006.

NICORY, I.M.C., CARVALHO, G.G.P., RIBEIRO, O.L., COSTA, L.S., SOUZA, F.N.C., NASCIMENTO, C.O. 2013. **Desempenho de cordeiros submetidos a dietas com farelo de mamona.** In... VIII Congresso Nordestino de Produção Animal. Fortaleza, Ceará.

OKWUSASABA, F. K. et al. The anticonceptive and the effect on the uterus of ether extract, 18312-J of Ricinus communis. **Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Medical and Scientific Research on Plants and Plant Products**, v. 11, n. 2, p. 97-100, 1997.

POMPEU, R., ROCHA, A., CÂNDIDO, M., SALLES, H., SEVERINO, L., ROGERIO, M.,FREITAS, J. Farelo de mamona industrialmente destoxificado na alimentação de ovinos. **Embrapa Caprinos e Ovinos-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2020.

PRASAD, R.B.N. **Castor biorenery. In: Hegde, D.M. (Ed.), Research and development in castor: Present status and future strategies**, Indian Society of Oilseeds Research, Hyderabad, 190–198, , 2010.

RAMANJANEYULU, A. V., ANUDRADHA, G., VENKATA RAMANA, M., VISHNU VARDHAN REDDY, A., & MADANA GOPAL, N. **Multifarious Uses of Castor (Ricinus communis L**.). Int. J. Econ. Pl, v. 4, n. 4, p. 170-176, 2017.

RISSATO, S. R., GALHIANE, M. S., FERNANDES, J. R., GERENUTTI, M., GOMES, H. M., RIBEIRO, R., ALMEIDA, M. V. D. **Evaluation of Ricinus communis L. for the phytoremediation of polluted soil with organochlorine pesticides**. BioMed research international, v. 2015, 2015.

SANTANA, J. C. N., LUDKE, M., LUDKE, J. V., SILVA, A. S., DE COSTA, A. A. G. DE OLIVEIRA, E. L**. Aproveitamento da energia dos farelos de mamona para frangos de corte.** In: **Embrapa Suínos e Aves-Artigo em anais de congresso**. In: Jornada de Ensino, Pesquisa Extensão, 2010

SAVY FILHO, A. **Mamona Tecnologia Agrícola**. Campinas: EMOPI, p.105, 2005.

SCHNEIDER, R. C. de S. **Extração, caracterização e transformação do óleo de rícino**. 2002. Tese (Doutorado em Química) Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul. 2003.

SEVERINO, L.S.; COSTA, F.X. BELTRÃO, N.E.M.; LUCENA, A.M.A.;GUIMARÃES, M.M.B. **Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e casca de mamona estimada pela respiração microbiana.** Revista de Biologia e Ciência da Terra, v.5, n.1, 2004.

SEVERINO. L.S.; **O que sabemos sobre a Torta de mamona**. Campina Grande: Embrapa Algodão. (Documento 134). ISSN 0103-0205. Campina Grande – PB. p. 31. 2006.

SILVA, A. J.; NASCIMENTO, C. W. A.; GOUVEIA-NETO, A. S. **Assessment of cadmium phytotoxicity alleviation by silicon using chlorophyll fluorescence.** Photosynthetica, v. 55, n. 4, p. 648-654, 2017.

SILVA, T. J., HANSTED, F., TONELLO, P. S., GOVEIA, D. **Fitorremediação de solos contaminados com metais: panorama atual e perspectivas de uso de espécies florestais**. Revista Virtual de Química, v. 11, n. 1, 2019.

SINGH, A. S., KUMARI, S., MODI, A. R., GAJERA, B. B., NARAYANAN, S., KUMAR, N. **Role of conventional and biotechnological approaches in genetic improvement of castor (Ricinus communis L.).** Industrial Crops and Products, v. 74, p. 55-62, 2015.

SOUZA, A. **M. Wood-based composite made of wood waste and epoxy based ink-waste as adhesive: a cleaner production alternative**. Journal of Cleaner Production, v. 193, p. 549-562, 2018.

SOUZA, J. L. de. **Cultivo orgânico de hortaliças: Sistema de produção**. Viçosa: Centro de Produções Técnicas (CPT), 2009. 314 p.

TAKANO, E. HBUSS, GONÇALVES, E. A. L. CHIERICE, G. O. CATANZARO-GUIMARÃES, S. A. CASTRO-PRADO, M. A. A. D. **Inibição do desenvolvimento de fungos fitopatogênicos por detergente derivado de óleo da mamona (Ricinus communis).** Ciência Rural, v. 37, n. 5, p. 1235-1240, 2007.

VIDAL, W. N.;. **Fitossitemática: famílias de angiospermas**.Viçosa: UFV 1980. 59p.

YEBOAH, A., LU, J., GU, S., SHI, Y., AMOANIMAA-DEDE, H., AGYENIM-BOATENG, K. G., YIN, X. **The utilization of Ricinus communis in the phytomanagement of heavy metal contaminated soils**. Environmental Reviews, v. 28, n. 4, p. 466-477, 2020.

YIN, X. **Breeding for Climate Resilience in Castor: Current Status, Challenges, and Opportunities**. In: Genomic Designing of Climate-Smart Oilseed Crops. Springer, Cham, . p. 441-498, 2019.

YING, S., HILL, A. T., PYC, M., ANDERSON, E. M., SNEDDEN, W. A., MULLEN, R. T., PLAXTON, W. C L. **Regulatory phosphorylation of bacterial-type PEP carboxylase by the Ca2+-dependent protein kinase RcCDPK1 in developing castor oil seeds.** Plant physiology, v. 174, n. 2, p. 1012-1027, 2017.

CAPÍTULO 9

PSICOMETRIA E UMIDADE DE EQUILÍBRIO HIGROSCÓPICO: DAS CONDIÇÕES DO AR À QUALIDADE DE SEMENTES E GRÃOS

Data de aceite: 01/02/2022
Data de submissão: 09/12/2021

Júlia Letícia Cassel
Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS) - Campus Ibirubá
Ibirubá - RS
http://lattes.cnpq.br/5121828435228922

Tamara Gysi
Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS) - Campus Ibirubá
Ibirubá - RS
http://lattes.cnpq.br/6184474574048530

Bruna Eduarda Kreling
Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS) - Campus Ibirubá
Ibirubá - RS
http://lattes.cnpq.br/4869714775858652

Cristiano Tonet
Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS) - Campus Ibirubá
Ibirubá - RS
http://lattes.cnpq.br/3662796092406039

Bruna Dalcin Pimenta
Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS) - Campus Ibirubá
Ibirubá - RS
http://lattes.cnpq.br/4356461032499240

RESUMO: O ar seco é composto por distintos elementos (O, N, Ar, CO_2 e outros), com percentuais relativamente constantes. Enquanto isso, o ar úmido é composto por uma mistura de ar seco e vapor d'água, sendo a quantidade do último de extrema relevância nas atividades humanas, dentre elas a secagem, armazenamento e beneficiamento de grãos e sementes. Nesse contexto, o objetivo do presente estudo é desenvolver uma revisão bibliográfica referente aos componentes da psicometria, trazendo os principais modelos matemáticos e sua utilidade na determinação da umidade de equilíbrio higroscópico. Dentre as propriedades do ar úmido listam-se a temperatura, a umidade, o volume ocupado e a energia, que podem ser subdivididos em temperatura de bulbo úmido e seco, temperatura de ponto de orvalho, razão de mistura, pressão de vapor, umidade relativa, absoluta e específica, grau de saturação, volume específico e entalpia. Essas, podem ser diagramadas em cartas psicrométricas, que registram propriedades de mistura entre o ar seco e o vapor d´água. Para determinação da umidade do ar são usados diferentes modelos de higrômetros e psicrômetros, que utilizam distintas metodologias. Quanto ao equilíbrio higroscópico, este é alcançado quando a pressão de vapor d'água do produto se iguala a do ar que envolve, sendo que essa se relaciona com o teor de água do produto, a umidade relativa e temperatura do meio. Diante disso, foram elaborados mais de 200 modelos matemáticos, visando a determinação da umidade de equilíbrio higroscópico dos produtos. Assim, esse conhecimento é de fundamental importância em projetos de secagem, manuseio, armazenagem, embalagem e transportes de sementes, grãos e demais produtos agrícolas, visto que esta

umidade pode promover a proliferação de microrganismos e insetos capazes de deteriorar o produto.
PALAVRAS-CHAVE: Ar seco. Ar úmido. Vapor d'água. Armazenamento. Beneficiamento.

ABSTRACT: Dry air is composed of different elements (O, N, Ar, CO_2 and others), with relatively constant percentages. Meanwhile, humid air is composed of a mixture of dry air and water vapor, the amount of the latter being extremely relevant in human activities, including drying, storage and processing of grains and seeds.In this context, the aim of this study is to develop a literature review regarding the components of psychometry, bringing the main mathematical models and their usefulness in the determination of hygroscopic equilibrium moisture. Among the properties of humid air are listed temperature, humidity, occupied volume and energy, which can be subdivided into wet and dry bulb temperature, dew point temperature, mixing ratio, vapor pressure, relative humidity , absolute and specific, degree of saturation, specific volume and enthalpy. These can be diagrammed in psychrometric charts, which register mixing properties between dry air and water vapor. To determine the air humidity, different models of hygrometers and psychrometers are used, which use different methodologies. As for the hygroscopic balance, this is achieved when the product's water vapor pressure is equal to that of the surrounding air, which is related to the product's water content, the relative humidity and temperature of the medium. Therefore, more than 200 mathematical models were developed, aiming at determining the hygroscopic balance moisture of the products. Thus, this knowledge is of fundamental importance in drying, handling, storage, packaging and transport projects for seeds, grains and other agricultural products, as this moisture can promote the proliferation of microorganisms and insects capable of deteriorating the product.
KEYWORDS: Dry air. Moist air. Water vapor. Storage. Processing.

1 | INTRODUÇÃO

De acordo com Lopes et al. (2008), o ar é constituído por uma série de gases, além de vapor d'água e contaminantes, como partículas em suspensão e outros gases. Assim, segundo os autores, do ar natural são removidos o vapor d'água e contaminantes, formando o ar seco.

Segundo Britto (2010), a composição do ar é relativamente constante, sendo para N_2 78,1%, para O_2 20,9%, para Ar 0,9%, e, para o CO_2 e outros componentes, são encontrados percentuais na casa de 0,001%. Destaca-se que podem ocorrer pequenas variações nesses valores de acordo com a altitude e localização geográfica.

Diante disso, Lopes et al. (2008) destacam a importância para as mais variadas práticas do ser humano o conhecimento das condições de umidade do ar, como exemplo, a secagem, a armazenagem e o processamento de grãos, a qual é limitada pelas condições do ar atmosférico, ou seja, os produtos possuem capacidade de ceder ou absorver água do ambiente, gerando um equilíbrio entre a semente ou grãos e as condições ambientais. Outro exemplo é o índice de conforto térmico, que depende mais da quantidade de vapor d'água presente do que da temperatura do ar de fato.

Assim, o estudo da mistura do ar seco com o vapor d'água tornou-se uma disciplina, conhecida como psicometria. De modo simplificado, a psicometria ou higrometria, como pode também ser chamada, é a parte da termodinâmica que estuda a quantificação do vapor de água presente na atmosfera.

Esse estudo, se debruça sobre as determinações de parâmetros específicos e propriedades de mistura de ar seco e vapor d'água (que possui concentrações variando entre 0 e 4% do volume de ar ambiente) (LOPES et al., 2008). Além disso, segundo Ludwig (2017), é através da psicometria que se avaliam os efeitos das condições do ar na secagem de grãos e sementes e, desse modo, são necessários estudos referentes às etapas de processamento de grãos e mistura dos componentes anteriormente mencionados.

2 | PROPRIEDADES DO AR ÚMIDO

As propriedades do ar úmido estão relacionadas à temperatura, quantidade de vapor de água, volume ocupado pelo ar e energia nele contida (LOPES et al., 2008), sendo o ar úmido a mistura do ar seco com o vapor d'água.

Ademais, Britto (2010) explana sobre as cartas psicométricas, que são diagramas onde estão registradas as propriedades da mistura entre o ar seco e o vapor d'água, a exemplo da representação na Figura 1.
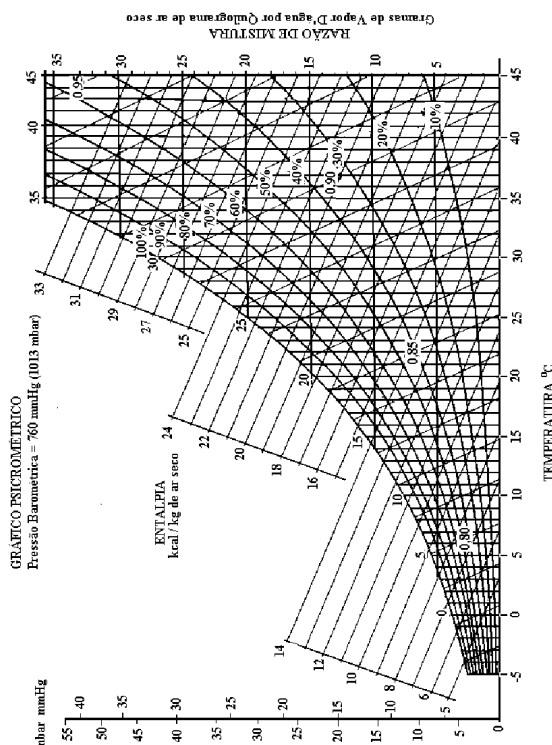
Figura 1 - Gráfico Psicrométrico.

Diante disso, Lopes et al. (2008) listam temperatura de bulbo seco e molhado e temperatura do ponto de orvalho, como propriedades relacionadas à temperatura; as propriedades relacionadas à umidade (massa de vapor d'água) são a pressão de vapor, razão de mistura, umidade específica, absoluta e relativa e o grau de saturação; e as propriedades relacionadas ao volume ocupado e à energia englobam a entalpia e o volume específico.

2.1 Temperaturas de bulbo seco (t) e bulbo molhado (t_m)

De acordo com Lopes et al. (2008), a temperatura do bulbo seco (t) do ar é a temperatura medida com um termômetro comum, sendo usada também para leituras de temperatura sem nenhuma especificação. Como define Britto (2010), essa temperatura indica a quantidade de energia na forma de calor contido no ar e é expressa em ºC. Além disso, o autor traz que sua variação é denominada calor sensível.

Lopes et al. (2008) trazem que a temperatura de bulbo molhado (t_m), que pode ser obtida através da cobertura com um algodão embebido de água destilada do bulbo de um termômetro comum, é um tipo de medida que reflete as propriedades físicas compostas pela evaporação da água no ar, sendo essa outra medida importante para secagem de grãos. Dopheide et al. (2013) ainda explicam que, na temperatura de bulbo úmido a água líquida evapora no ar para levá-lo à saturação nesta mesma temperatura e pressão.

Assim, a temperatura de bulbo úmido indica a quantidade de energia na forma de calor contido no ar úmido e está relacionada à temperatura de evaporação (mínima temperatura em que a água em estado líquido se transforma em vapor) para uma determinada quantidade física de água contida no ar (umidade específica) (BRITTO, 2010). O autor também traz que com esta, é permitida a definição da condição de ponto de orvalho e a pressão parcial de vapor d'água. Vale ressaltar que esse componente também é expresso em ºC.

2.2 Temperatura de ponto de orvalho (t_{po})

Segundo Lopes et al. (2008), é a temperatura em que o ar úmido se torna saturado, ou seja, quando o vapor d'água começa a condensar-se, por um processo de resfriamento, mantendo constantes a pressão e a razão de mistura. Além disso, Britto (2010) traz que esta é expressa em ºC, sendo que abaixo dela, além da umidade se condensar, pode haver formação de névoa.

De acordo com Elias et al. (2018), quando o ar quente e úmido passa por uma região mais fria (geralmente localizada no terço médio ou inferior do silo), ele pode se condensar na superfície dos grãos, sendo resfriado até valores mais baixos que o ponto de orvalho. Os autores trazem que, com isso, pode ser aumentada a umidade, a taxa de respiração e a temperatura das sementes e grãos, reiniciando as atividades metabólicas da semente além de haver proliferação de fungos e insetos.

2.3 Pressão de vapor (p_v)

O vapor d'água, como os gases componentes da atmosfera, exerce pressão em todas as direções, dependente da concentração do vapor. Como mencionado por Elias et al. (2018), toda substância que contém água apresenta pressão de vapor, que está diretamente relacionado ao grau de umidade (relação direta com a atividade de água e, por consequência, com a umidade relativa do ambiente).

Como descrevem os mesmos autores, as trocas de calor e água entre os grãos e o ar ambiente são dinâmicas e contínuas até o limite da obtenção do equilíbrio higroscópio, em determinadas condições de temperatura, sendo então a pressão de vapor do ar proporcional à temperatura absoluta e à quantidade de água.

Assim, temos dois fenômenos: I) Sorção: quando a pressão de vapor do ar for maior do que a pressão de vapor dos grãos, que pode ser por adsorção (com menos energia) e/ou por absorção, ambas as formas resultando em reumedecimento dos grãos; e II) Dessorção: que conduz à secagem, quando a pressão de vapor do ar for menor do que a pressão de vapor dos grãos (ELIAS et al., 2018).

2.4 Razão de mistura (w)

É um componente expresso em kg de vapor/kg de ar seco, sendo definido como a razão entre a massa de vapor d›água e a massa de ar seco em dado volume da mistura (LOPES et al., 2008).

2.5 Umidade relativa (UR)

Como conceituado por Lopes et al. (2008), a umidade relativa (UR) do ar é a razão entre a pressão parcial de vapor (p_v) exercida pelas moléculas de água presentes no ar e a pressão de saturação (p_{vs}), na mesma temperatura, sendo normalmente expressa em porcentagem:

$$UR\% = \frac{p_v}{p_{vs}}.100$$

Assim, é possível observar que a UR expressa a relação entre a máxima pressão parcial de vapor que se pode obter a uma determinada temperatura de bulbo seco (condição de saturação de umidade) e a pressão parcial de vapor em determinado instante (BRITTO, 2010).

Elias et al. (2018), trazem que a temperatura e a umidade relativa possuem relações inversas: quanto maior for a temperatura, menor será a umidade relativa do ar. Além disso, os mesmos autores trazem uma observação importante de que, no equilíbrio higroscópico, a atividade de água do grão é numericamente igual a um centésimo da umidade relativa do ar.

Sendo assim, observa-se uma grande relação da umidade relativa com a ocorrência

de ácaros, insetos, fungos, etc; além da possibilidade de reativação processos metabólicos da semente.

2.6 Umidade absoluta (U_a) e umidade específica (U_e)

He et al. (2021) trazem que umidade absoluta é a massa de vapor de água no ar. Nesse mesmo contexto, Lopes et al. (2008) descreve essa umidade absoluta como a relação entre a massa de vapor d'água e o volume ocupado pelo ar úmido.

Já a umidade específica é a relação entre a massa de vapor d'água e a massa do ar úmido (LOPES et al., 2008). Já Britto (2010) traz que é uma unidade adimensional, mas pode ser apresentada em kgVAPOR/kgAR SECO, e sua variação é chamada calor latente, sendo, então, associada à mudança de fase da água.

2.7 Grau de saturação

É a relação entre a razão de mistura atual e a razão de mistura do ar em condição de saturação, à mesma temperatura e pressão (LOPES et al., 2008).

2.8 Volume específico (V_e)

É definido como o volume por unidade de massa de ar seco e expresso em $m^3.kg^{-1}$ (LOPES et al., 2008; BRITTO, 2010). De acordo com os mesmos autores, o volume específico do ar pode, inclusive, afetar a potência requerida pelo ventilador em um sistema de secagem.

2.9 Entalpia (h)

A entalpia (h) é descrita por Lopes et al. (2008) como a energia contida no ar úmido de uma mistura ar seco-vapor d'água, por unidade de massa de ar seco e para temperaturas superiores a uma referência (0ºC). Para os autores, somente a diferença de entalpia é de interesse prático no processamento de produtos agrícolas, sendo esse valor de referência sem maior relevância.

Diante desse mesmo contexto, Britto (2010) traz que a entalpia expressa o conteúdo energético do ar (calor total) por unidade de massa de ar úmido de um estado psicrométrico em relação a um estado de referência (normalmente para TBS = 0 e v = 0) e incorpora os conteúdos de calor sensível e latente.

Além disso, destaca-se que a entalpia (expressa em kcal ou $kJ.kg^{-1}$ de ar seco) é significativa no dimensionamento de sistema de secagem e aquecedores, e portanto, compõe o custo operacional dos diferentes sistemas (LOPES et al., 2008).

3 I MEDIÇÃO DA UMIDADE DO AR

De acordo com Dopheide et al. (2013), o ser humano moderno foi impulsionado a criar novas técnicas de se medir e quantificar a temperatura e a umidade relativa do ar,

devido à necessidade de se monitorar e controlar ambientes.

Lopes et al. (2008) definem que para medir a umidade relativa do ar são usados instrumentos denominados higrômetros, listando os mais comuns:

a) Higrômetros de condensação: baseiam-se na determinação do ponto de orvalho.

b) Higrômetros de absorção: a determinação é feita passando-se um volume conhecido do ar, através de uma substância higroscópica. É através do peso que se obtêm o resultado, visto que há modificações devido à umidade absorvida. Mais usados em laboratório.

c) Higrômetros elétricos: baseiam-se na variação da resistência elétrica de um fino filme de um condutor eletrolítico contendo um sal higroscópico, em função da umidade.

d) Higrômetro óptico: mede a espessura de um filme higroscópico, que varia com a presença de umidade, por meio da intensidade de luz refletida.

e) Higrômetros de difusão: são compostas por uma câmara fechada, com ação constante de dessecação e umedecimento. Em uma das paredes há uma placa porosa, sendo que a difusão da umidade através dessa placa produz uma pressão, a qual é determinada por um manômetro.

f) Psicrômetros: composta por dois termômetros semelhantes, um com o bulbo coberto por tecido de algodão umedecido em água destilada (onde a evaporação dessa água abaixa a temperatura, dependendo do estado higrométrico do ar), e outro de bulbo seco (indica a temperatura do ar). A diferença de temperatura entre os dois termômetros dá indicação da umidade, bem como de outras propriedades do ar, encontrados em tabelas, gráficos ou fórmulas. Vale ressaltar que estes equipamentos podem ser de ventilação natural (psicrômetros comuns) ou forçada.

g) Higrômetros de fio de cabelo: composto por cabelo humano livre de gorduras, que possui a capacidade de aumentar/diminuir comprimento conforme absorção de umidade, sendo essa variação de comprimento transmitida por um ponteiro, indicando a umidade relativa do ar. Esse equipamento, quando equipado por uma pena e tinta, pode ser automatizado, conhecido por higrômetro registrador ou higrógrafo.

4 | UMIDADE DE EQUILÍBRIO HIGROSCÓPICO

O teor de água de equilíbrio é alcançado quando a pressão parcial de vapor de água no produto iguala-se a do ar que o envolve. A relação entre o teor de água de um determinado produto e a umidade relativa de equilíbrio para uma temperatura específica pode ser expressa por meio de equações matemáticas denominadas isotermas ou curvas de equilíbrio higroscópico (CORRÊA et al., 2005).

O conhecimento sobre o comportamento higroscópico de produtos agrícolas constitui fator essencial nos projetos e estudos de sistemas de secagem, manuseio,

armazenagem, embalagem e transporte e na modelagem da longevidade de sementes, grãos e outros produtos agrícolas (ARAÚJO et al., 2001). Além disto, a partir das isotermas de sorção é possível determinar a estabilidade física, química e microbiana de qualquer produto (SOGI et al., 2003), como também as faixas de atividade de água no produto, que reduzam a possibilidade de desenvolvimento de fungos e outros patógenos, além de manter a qualidade do produto armazenado (GONELI et al., 2007).

O comportamento higroscópico de diversos produtos agrícolas tem sido estudado por vários pesquisadores, que descrevem modelos diferenciados para expressar o teor de água de equilíbrio em função da temperatura e umidade relativa do ar. Entretanto, para o estabelecimento de isotermas que representam essa relação de equilíbrio são utilizados modelos matemáticos empíricos, uma vez que nenhum modelo teórico desenvolvido tem sido capaz de predizer com precisão o teor de água de equilíbrio para uma ampla faixa de temperatura e umidade relativa do ar (RESENDE et al., 2006). Sendo assim, atualmente, na literatura, existem mais de 200 equações propostas para representar o fenômeno de equilíbrio higroscópico dos produtos agrícolas.

Um método largamente usado para se calcular o calor isostérico de sorção, seja pelo processo de adsorção ou pelo de dessorção, é dado pela equação de Clausius-Clayperon, representada a seguir:

$$\frac{\partial \mathrm{In}(a_w)}{\partial T} = \frac{q_{st}}{RT^2}$$

Onde:

a_w: atividade da água (decimal)

T: temperatura absoluta (K)

q_{st}: calor isostérico líquido de sorção (kJ Kg^{-1})

R: constante universal dos gases (8,314 kJ $Kmol^{-1}$ K^{-1}, sendo para o vapor d'água 0,4619 kJ $Kmol^{-1}$ K^{-1}).

Integrando a equação acima e assumindo que o calor isostérico líquido de sorção é independente da temperatura, podemos encontrar o calor isostérico líquido de sorção, para cada teor de água de equilíbrio, conforme a equação a seguir:

$$\mathrm{In}(a_w) = -\left(\frac{q_{st}}{R}\right) \cdot \frac{1}{T} + C$$

Onde:

C: coeficiente do modelo

Os valores de atividade de água, temperatura e teor de água de equilíbrio são obtidos a partir das isotermas de dessorção dos produtos em estudo. O calor isostérico integral de sorção é obtido adicionando-se aos valores de calor isostérico líquido de sorção, o valor do calor latente de vaporização da água livre de acordo com a seguinte expressão:

$$Q_{st} = q_{st} + L = a \cdot \exp(-b \cdot U_e) + L$$

Onde:

Q_{st}: calor isostérico integral de sorção (kJ kg^{-1})

L: calor latente de vaporização da água livre (kJ Kg^{-1})

U_e: teor de água de equilíbrio (%b.s.)

a,b: coeficientes do modelo

Além desse, outros modelos matemáticos são utilizados para predizer a higroscopicidade em produtos agrícolas, como apresentado na Tabela 1.

Designação do modelo	Modelo	
$Xe^* = \frac{(Xm \cdot c \cdot a_w) \cdot (1-(n+1) \cdot a_w{}^n + n \cdot a_w{}^{n+1})}{(1-a_w) \cdot [1+(c-1) \cdot a_w - c \cdot a_w{}^{n+1}]}$	BET	(1)
$Xe^* = (a \cdot b \cdot a_w)/\{[1-(c \cdot a_w)] \cdot [1+(b-c) \cdot a_w]\}$	BET Modificado	(2)
$Xe^* = [\ln(1-a_w)/(-a \cdot (T^b))]^{1/c}$	Cavalcanti Mata	(3)
$Xe^* = [-1/(c \cdot T^d)] \cdot \ln[\ln(a_w)/(-a \cdot T^b)]$	Chen Clayton	(4)
$Xe^* = a - b \cdot \ln(-(T+c) \cdot \ln(a_w)]$	Chung Pfost	(5)
$Xe^* = (-1/b) \cdot \ln[(T+c) \cdot \ln(a_w)/(-a)]$	Chung Pfost Modificado	(6)
$Xe^* = \exp[a - (b \cdot T) + (c \cdot a_w)]$	Copace	(7)
$Xe^* = 1/(a \cdot T^b + a_w{}^c)$	Corrêa	(8)
$Xe^* = \frac{(Xm \cdot c \cdot k \cdot a_w)}{(1-c \cdot a_w) \cdot (1-k \cdot a_w + c \cdot k \cdot a_w)}$	GAB	(9)
$Xe^* = \frac{[Xm \cdot (c/T) \cdot k \cdot a_w]}{(1-c \cdot a_w) \cdot [(1-k \cdot a_w + (c/T) \cdot k \cdot a_w)]}$	GAB Modificado	(10)
$Xe^* = Xm \cdot [-\ln(a_w)]^n$	Halsey	(11)
$Xe^* = [\exp(a - b \cdot T)/ - \ln(a_w)]^{1/c}$	Halsey Modificado	(12)
$Xe^* = [\ln(1-a_w)/(-a \cdot T_{abs})]^{1/c}$	Henderson	(13)
$Xe^* = \{\ln(1-a_w)/[-a \cdot (T+b)]\}^{1/c}$	Henderson Modificado	(14)
$Xe^* = a \cdot [a_w/(1-a_w)]^b$	Oswin	(15)
$Xe^* = (a+b \cdot T)/[a_w/(1-a_w)]^{1/c}$	Oswin Modificado	(16)
$Xe^* = [(a \cdot a_w{}^b) + (c \cdot a_w{}^d)]$	Peleg	(17)
$Xe^* = a \cdot [a_w{}^b/T^c]$	Sabbah	(18)
$Xe^* = \exp\{a - (b \cdot T) + [c \cdot \exp(a_w)]\}$	Sigma Copace	(19)
$Xe^* = a - (b \cdot T) - c \cdot \ln(1-a_w)$	Smith	(20)

Tabela 1 - Modelos matemáticos utilizados para predizer o fenômeno de higroscoicidade de produtos agrícolas (Xe*=Umidade de Equilíbrio).

Chirife & Iglesias (1978); Mazza & Jayas (1991) verificaram que, entre os principais modelos matemáticos retratados na literatura para estimar a relação de equilíbrio entre grãos e o ambiente que os envolve, os modelos de Chung- Pfost, Oswin e Smith foram identificados como mais apropriados para representar as isotermas de adsorção e dessorção de grãos das principais culturas agrícolas; entretanto, diversos autores apontam o modelo proposto por Henderson, modificado por Thompson et al. (1968), como sendo uma equação adequada para descrever o fenômeno (JAYAS et al., 1988; TALIB et al., 1995).

5 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da pesquisa realizada observa-se a importância dos estudos de psicometria e equilíbrio higroscópico, sendo que estes influenciam nas mais diversas atividades humanas, como por exemplo nas etapas as quais passam os grãos e sementes.

Por ser determinante na qualidade de um lote, as avaliações dos componentes ar, através de cartas psicométricas, visam manter a quantidade de vapor d'água em ponto ótimo para umidade de equilíbrio higroscópico, tendo em vista as características de ambiente ideal para o processamento, beneficiamento e armazenamento de sementes e grãos.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, L. F.; CORRÊA, P. C.; SILVA, R. F. **Comparação de modelos matemáticos para descrição das curvas de dessorção de sementes de milho-doce.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.36, p.991-995, 2001.

BRITTO, J. Fernando B. **Considerações sobre psicrometria**. Revista SBCC, v. 45, p. 35-41, 2010.

CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; RESENDE, O.; RIBEIRO, D. M. **Obtenção e modelagem das isotermas de dessorção e do calor isostérico de dessorção para grãos de trigo**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v.*7*, n.1, 2005, p 39-48.

CHIRIFE, J.; IGLESIAS, H. **A. Equations for fitting water sorption isotherms of foods: Part 1- a review**. Journal of Food Technology, London, v.13, n.2, p.159-174, 1978.

DOPHEIDE, K.W.M.; NETO, L.R.; RAMANZINI, R. **Psicrômetro de Bulbo Úmido com Aquisição de Dados.** Porto Alegre/RS: UFRGS, 2013.

ELIAS, M.C.; OLIVEIRA, M.; VANIER, N.L. **Tecnologias de pré-armazenamento, armazenamento e conservação de grãos.** Pelotas/RS: UFPEL, 2018.

GONELI, A. L. D.; CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; NOGUEIRA, B. L.; BOTELHO, F. M. **Modelagem matemática do equilíbrio higroscópico dos grãos de arroz em casca obtidos pelos métodos estático e dinâmico.** Revista Brasileira de Armazenamento, v.32, p.152-160, 2007.

HE, C.; KORPOSH, S.; CORREIA, R.; LIU, L.; HAYES-GILL, B.R.; MORGAN, S.P. **Optical fibre sensor for simultaneous temperature and relative humidity measurement: Towards absolute humidity evaluation.** Sensors and Actuators B: Chemical, v.344, 2021.

JAYAS, D.S.; KUKELKO, D. A; WHITE, N. D. G. **Equilibrium moisture-equilibrium relative humidity relationship for canola meal.** Transactions of ASAE, St. Joseph, v.31, n.5, p.1585-1593, 1988.

LOPES, R.P.; SOUSA E SILVA, J.; REZENDE, R.C. Princípios básicos de psicomentria. *In*: SOUSA E SILVA, J. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas.** Viçosa/MG, 2008. 2ª ed. p. 37-62.

LUDWIG, M.P. **Princípios de pós-colheita de grãos e sementes.** Ibirubá/RS: IFRS Campus Ibirubá, 2017.

MAZZA, G.; JAYAS, D. S. **Equilibrium moisture characteristics of sunflower seeds, hulls, and kernels.** Transactions of ASAE, St. Joseph, v.34, n.2, p.532-538, 1991.

RESENDE, O., CORRÊA, P. C., DUARTE GONELI, A. L., & MENEZES RIBEIRO, D. **Isotermas e Calor Isostéricico de Sorção do Feijão.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.26, n.3, 2006.

SOGI, D. S.; SHIVHARE, U. S.; GARG, S. K.; BAWA, A. S. **Water sorption isotherm and drying characteristics of tomato seeds.** Biosystems Engineering, v.84, p.297-301, 2003.

TALIB, M. Z. M.; DAUD, W. R. W.; IBRAHIM, M. H. **Moisture desorption isotherms of cocoa beans.** Transactions of ASAE, St. Joseph, v.38, n.4, p.1153-1155. 1995.

CAPÍTULO 10

TECNOLOGIAS DE COMBATE AO ESTRESSE SALINO EM REGIÕES SEMIÁRIDAS PARA PRODUÇÃO AGRÍCOLA

Data de aceite: 01/02/2022

Data de submissão: 23/12/2021

Eduardo Antônio do Nascimento Araújo
Universidade Federal de Campina Grande–UFCG. Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar – CCTA
Pombal – PB
http://lattes.cnpq.br/9800417815093021

Kilson Pinheiro Lopes
Universidade Federal de Campina Grande–UFCG. Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar – CCTA
Pombal – PB
http://lattes.cnpq.br/2366117797494886

Alena Thamyres Estima de Sousa
Universidade Federal de Campina Grande–UFCG. Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar – CCTA
Pombal – PB
http://lattes.cnpq.br/9422043816685147

Maria Izabel de Almeida Leite
Universidade Federal de Campina Grande–UFCG. Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar – CCTA
Pombal – PB
http://lattes.cnpq.br/1366599503591295

Kayo Werter Nicacio Campos
Universidade Federal de Campina Grande–UFCG. Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar – CCTA
Pombal – PB
http://lattes.cnpq.br/2422018035956997

Amanda Pereira da Costa
Universidade Federal de Campina Grande–UFCG. Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar – CCTA
Pombal – PB
http://lattes.cnpq.br/1896876753417084

Paloma Domingues
Universidade Federal de Campina Grande–UFCG. Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar – CCTA
Pombal – PB
http://lattes.cnpq.br/9819533203393721

Lyandra Maria de Oliveira
Universidade Federal de Campina Grande–UFCG. Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar – CCTA
Pombal – PB
http://lattes.cnpq.br/2421808726725145

Antônio Carlos de Sena Rodrigues
Universidade Federal de Campina Grande–UFCG. Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar – CCTA
Pombal – PB
http://lattes.cnpq.br/7657251831118742

Anderson de Araújo Mendes
Universidade Federal de Campina Grande–UFCG. Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar – CCTA
Pombal – PB
http://lattes.cnpq.br/2575006725705971

Anderson Felipe Rodrigues Coelho
Universidade Federal de Campina Grande–UFCG. Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar – CCTA
Pombal – PB
http://lattes.cnpq.br/5667136396997618

Anny Karolinny de França Soares
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG
Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar – CCTA
Pombal – PB
http://lattes.cnpq.br/2806018127496354

RESUMO: A região Nordeste possui uma grande diversidade edafoclimática, o que proporciona ao setor agrícola a viabilidade para conduzir diferente tipos de cultivos na região. Entretanto a presença de alguns fatores garante à região uma maior predisposição para a ocorrência de salinização dos solos de produção agrícola, sobretudo de áreas destinadas a agricultura irrigada com águas provenientes de poços artesianos. O acúmulo dos sais que levam à salinização dos solos ocorre em detrimento de uma fonte de sais e da insuficiência de precipitação ou de drenagem, que permite a lixiviação do excesso de sais no solo. A salinidade pode de causar além da desnutrição e o acúmulo de íons nos vegetais, o estresse hídrico e consequentemente a redução da produtividade das áreas agrícolas não só das regiões semiáridas, mas em qualquer ambiente produtivo onde não se detém um manejo adequado dos subsídios de produção. No presente trabalho, foi realizada uma revisão de literatura para avaliar as consequências advindas da salinização para os vegetais e estabelecimento agrícola, bem como expor algumas tecnologias utilizadas no combate e convivência com áreas de produção salinizadas e água de irrigação com excesso de sais.
PALAVRAS-CHAVE: Salinização; Estresse abiótico; Nordeste.

TECHNOLOGIES TO COMBAT SALINE STRESS IN SEMI-ARID REGIONS FOR AGRICULTURAL PRODUCTION

ABSTRACT: The Northeast region has a great edaphoclimatic diversity, which offers the agricultural sector the viability to supply different types of crops in the region. However, the presence of some factors ensure the region a greater predisposition to the occurrence of salinization of soils for agricultural production, especially in areas such as agriculture irrigated with water from artesian wells. The accumulation of salts that lead to soil salinization occurs to the detriment of a source of salts and the exclusion or drainage deficiency that allows the leaching of excess salts in the soil, salinity can cause in addition to malnutrition and the accumulation of ions in vegetables, water stress and consequently the reduction of productivity in agricultural areas, not only in semiarid regions, but in any productive environment where there is no adequate management of production subsidies. In the present work, a literature review was carried out to evaluate the consequences arising from salinization for plants and agricultural establishments, as well as to expose some technologies used in combating and living with saline production areas and irrigation water with excess of salts.
KEYWORDS: Salinization; Abiotic stress; Northeast.

INTRODUÇÃO

A região nordeste possui uma grande diversidade edafoclimática, o que proporciona

ao setor agrícola a viabilidade para conduzir diferente tipos de cultivos na região. No entanto, considerando o tipo de clima predominante no semiárido brasileiro, caracterizados por ser seco, quente, com chuvas irregulares e em pouca quantidade há uma grande limitação para o desenvolvimento das produções na região. A irrigação surge como uma prática promissora para o desenvolvimento da agricultura e a produção de alimentos, mitigando os efeitos adversos do ambiente na área de produção uma vez que o índice pluviométrico das chuvas não é capaz de atender à demanda de evapotranspiração das culturas (CASTRO, 2018; LIMA et al. 2020).

Por essa razão, no semiárido, existe uma maior exigência de aplicação de águas para atender às necessidades fisiológicas das cultas, esse fator somado à elevada evapotranspiração do período de estiagem é uma das causas para o uso intenso da água pelos agricultores, provocando o aumento de sais dos poços de água subterrânea em decorrência do manejo inadequado dos recursos hídricos. Áreas destinadas a agricultura irrigada tendem a apresentar solos com uma maior salinidade, sobretudo em reservatórios subterrâneos, uma vez que estes apresentam uma maior concentração de sais dissolvidos. Esses fatores se relacionam ainda com as características do solo em que a atividade agrícola é realizada (CASTRO; SANTOS, 2020; LIMA et al. 2020).

De acordo com Martins e Gonçalves (2017), a salinização é um dos processos de degradação do solo que tem como resultado o aumento na concentração de sais solúveis no solo e na solução do solo, como o sódio (Na^+), o cálcio (Ca^{2+}) e o magnésio (Mg^{2+}), essa elevação no teor desses sais, de acordo com os autores, tem como um dos seus efeitos a deterioração da estrutura do solo (no processo de sodização pelo Na^+) podendo resultar na perda de uma ou mais funções. Outros autores como Taiz et al., (2017) relatam que o excesso de sais na água pode causar além da redução da disponibilidade de água para as plantas (pelo efeito osmótico), o desequilíbrio nutricional e a toxicidade desses íons específicos.

Nas plantas, a salinidade tem efeito duplo, além de causar desnutrição e acúmulo de íons em níveis potencialmente tóxicos, pode também causar estresse hídrico (RADY et al. 2018). Normalmente, os efeitos osmóticos e tóxicos que ocorrem em detrimento da elevada concentração de sais, afetam os processos fisiológicos (síntese de proteínas, assimilação de CO_2, etc.) e, consequentemente, limitam a produção de mudas, uma vez que é nessa fase que as plantas são mais susceptíveis aos efeitos dos sais (SOUSA et al., 2011).

Tendo em vista as problemáticas acerca das consequências advindas da salinização dos solos em áreas destinadas à produção agrícola e o impacto destes no equilíbrio ecológico das regiões onde esse processo ocorre, objetivou-se através dessa revisão de literatura analisar os impactos que a salinização exerce sobre as plantas e as tecnologias de combate ao estresse salino em regiões semiáridas destinadas à produção agrícola para entender as causas desse problema e os meios a serem adotados para mitigar estes efeitos.

DESENVOLVIMENTO

Salinidade vs Clima

Segundo Marino et al., (2021), a salinidade e a sodicidade são dois fatores que limitam a produção agrícola em muitas áreas em torno do mundo, isso porque existe uma combinação de fatores que vão desde suprimentos limitados de água e a má qualidade da mesma, até as práticas inadequadas da gestão deste recurso. Sendo esses fatores, influenciados ainda por agentes externos.

As mudanças climáticas, ocasionadas pela elevação média da temperatura da terra em função das atividades antrópicas, impõem, ainda, uma série de novos riscos aos ecossistemas além de intensificar os já existentes. Especificamente em regiões de clima semiárido, o aumento da temperatura está ligado a uma série eventos prejudiciais para a agricultura como a maior ocorrência de eventos extremos de seca, o aumento de áreas desertificadas e a propagação de incêndios florestais, contribuindo para uma elevada evaporação (DIAS; PESSOA, 2020). Sendo alguns desses eventos importantes contribuintes para o aumento da salinização dos solos.

Aderaldo et al., (2020) em seu estudo sobre o efeito combinado da seca e da salinidade no crescimento de plantas de mulungu (Erythrina Velutina Wild) constataram que a irrigação com água salina a 50 e 100 mM de NaCl ocasionou a redução do crescimento das plantas de mulungu e a intensificação desse efeito com a suspensão da irrigação 15 dias após a semeadura. Em consequência desses fatores, as plantas irrigadas do início ao final do experimento apresentaram ainda uma matéria fresca total maior nas plantas submetidas às condições controle e a irrigação com águas salinas resultou ainda em diminuições significativas no crescimento vegetativo dessas plantas.

Por essas razões o estudo da salinidade precisa levar em consideração diversos fatores que irão se relacionar com essa problemática, como a planta e seus mecanismos de defesa a estressores, o clima, o solo e a qualidade da água dentro de um contexto de cultivo irrigado.

Efeito da salinidade nas plantas

Morfologicamente, o sintoma mais típico de efeitos do estresse salino apresentado pelas plantas é a redução do crescimento, que é uma consequência de diversas respostas fisiológicas, incluindo a modificação do equilíbrio de íons, eficiência fotossintética, instabilidade da membrana e da falha na manutenção da pressão de turgência (YILDIRIM et al., 2006).

De acordo com outros autores, em situações de estresse salino nas plantas, existem três mecanismos principais que irão afetar adversamente a absorção de água pelo seu organismo em áreas afetadas por esse estressor abiótico: (1) o potencial osmótico do

solo significativamente menor, o que torna a água menos disponível para a extração pelas raízes; (2) a ocorrência de toxicidade iônica nos tecidos vegetais, o que poderia afetar adversamente o equilíbrio nutricional e as trocas gasosas foliares; e (3) a redução do crescimento da planta, o que resulta em um tamanho de dossel menor e menor densidade de dossel que, por sua vez, reduzem a interceptação de energia pelas árvores. Esses mecanismos provavelmente afetam o uso da água pelas plantas de forma diferenciada ao longo da estação de crescimento, como resultado da fenologia do vegetal, parâmetros climáticos, mecanismos de tolerância à salinidade e várias interações entre esses fatores (MARINO et al., 2021).

Os problemas ocasionados em detrimento da salinidade são observados quando os sais contidos na água de irrigação se acumulam na zona de absorção do sistema radicular, o que irá provocar um aumento significativo da tensão total de retenção de água no solo, reduzindo assim, a sua disponibilidade para os cultivos empregados na área e consequentemente afetando os seus rendimentos (DEMONTIÊZO et al., 2016).

Segundo o estudo de Marcondes e Garcia (2009), em condições de estresse, a síntese de lignina pode ser afetada aumentando o espessamento dos vasos xilemáticos. Este processo poderia, de acordo com os autores, ser causado pelo aumento na concentração de íons e pelo distúrbio na nutrição mineral, nas raízes e pela redução no potencial hídrico do meio onde tais substâncias se encontram, quando o estresse salino é aplicado. O aumento da espessura dos vasos aumentaria, consequentemente, a sua resistência mecânica quando a planta tem de reduzir o potencial hídrico da raiz para manter a entrada de água na planta.

A aplicação em grande quantidade ou muito concentrada de fertilizantes na base da planta tem o potencial de aumentar a salinidade do ambiente radicular levando a planta a condições de estresse. Podendo ocorrer dois tipos de danos, sendo eles: o estresse osmótico e o estresse iônico, dificultando tanto a absorção de água pelas raízes como viabilizando condições propícias para ocasionar toxidez à planta, em função dos elementos adicionados em excesso (WATHIER, G. 2019).

Figura 01: Necrose nas margens das folhas de morango devido à alta salinidade da solução nutritiva.

Fonte: ROSA, M. L. 2019.

De acordo com Bezerra et al., (2020), em seu estudo com clones de eucalipto, o incremento da salinidade do solo afeta negativamente as trocas gasosas no período de crescimento inicial dos clones. Segundo o estudo ainda, a fotossíntese constitui outro fator que é reduzido em plantas submetidas à salinidade. Conforme se aumenta os níveis de sais no solo, especificamente o NaCl o qual foi objeto de estudo no trabalho, diminui-se a atividade fotossintética da população de eucalipto.

Dessalinização de água

Segundo Bezerra et al., (2019), O Nordeste é uma região que sempre enfrentou vários problemas com a escassez de recursos hídricos no Brasil e recentemente o país enfrentou uma crise hídrica nos últimos anos, de modo que a perfuração de poços artesianos ou semi-artesianos foi bastante discutida como possível solução para os problemas de recursos hídricos. Apesar do clima semiárido, predominante em várias partes do Nordeste, há reservas de águas subterrâneas (os aquíferos) suficientes para resolver grande parte dos problemas de abastecimento, entretanto segundo os autores os poços artesianos são uma alternativa que apresenta um limite de exploração na agropecuária em função da sua salinidade uma vez que as rochas cristalinas, características dos solos áridos nordestinos, são responsáveis pela salinização da água destes poços.

A dessalinização, que pode ser compreendida como um processo físico-químico que tem como intuito a remoção do sal e de outras substâncias minerais da água salgada para se obter água potável, se constitui em uma alternativa para a solução desse problema. Este processo é utilizado amplamente em navios e submarinos onde a água doce é escassa ou nula e essa água tem por intuito, nestes casos, servir para o consumo humano. Em outras ocasiões a água dessalinizada pode servir ainda para a irrigação de plantações, sendo

utilizada tanto para remover os sais e substâncias minerais da água do mar, como para águas salobras de poços artesianos (ALVES, 2013).

A dessalinização de água por osmose reversa é um processo de hiper filtração que retira parte dos sais de água salobra, proveniente de poços ou do mar. Essa filtração é do tipo cruzada, a qual movida por uma força motriz de pressão permite a passagem da água da região concentrada para menos concentrada acompanhada por pequena quantidade de sais, originando uma corrente de água purificada compatível com os padrões de potabilidade (PINHEIRO et al., 2018).
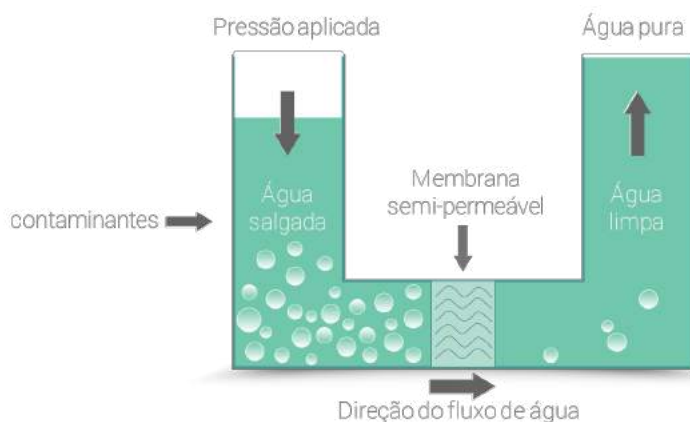
Figura 02: Representação do processo de osmose para a dessalinização de águas com alto teor de sais.

Fonte: Adaptado de PENTAIR, 2021.

Das tecnologias mais utilizadas para dessalinizar águas salgadas ou salobras, destacam-se, ainda, os processos térmicos (destilação solar e destilação multi-estágios) e a tecnologia de membranas (eletrodiálise e osmose reversa). Ainda possuem processos em desenvolvimento como a destilação a vácuo e o congelamento (CELLI, 2017).

Segundo Elizaudo Júnior, (2020), na dessalinização solar ou destilação térmica, a água é armazenada em um tanque coberto em um material transparente em que recebe luz solar, onde aquece e começa a evaporar, ao ocorrer essa evaporação, o vapor que se acumula em cima do tanque vai gradativamente se condensando, transformando-se novamente em água sem a presença dos sais anteriormente existentes, com isso é captada e remanejada para outro tanque, onde é armazenada e destinada ao consumo, como representado na figura 03 onde pode-se observar: (1) a luz solar entrando no tanque e aquecendo a água, (2) O vapor indo para a parte superior do tanque, (3) a água condensada, (4) água potável indo para outro tanque.
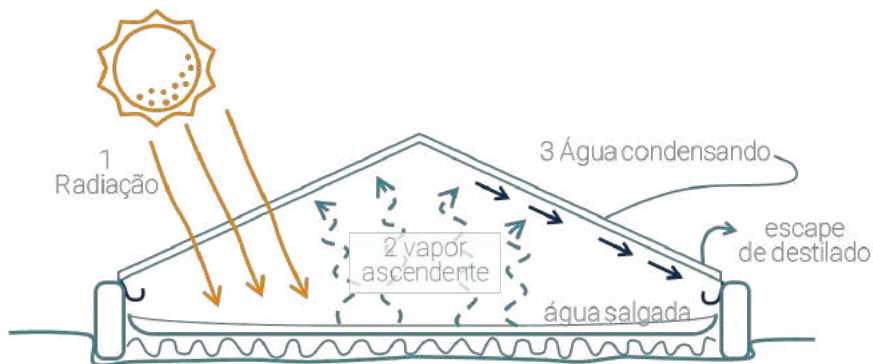
Figura 03: Processo de destilação solar.

Fonte: Adaptado de ASURA, 2014.

No método de destilação multiestágios, a água é aquecida em uma tubulação, onde entra em ebulição e passa por sucessivos processos de destilação, sendo sequencialmente aquecida e transferida para pontos com diferentes níveis de pressão e apesar de ser um processo de dessalinização mais caro, ele garante uma maior pureza da água ao final do processo (ELIZALDO JÚNIOR, 2020).
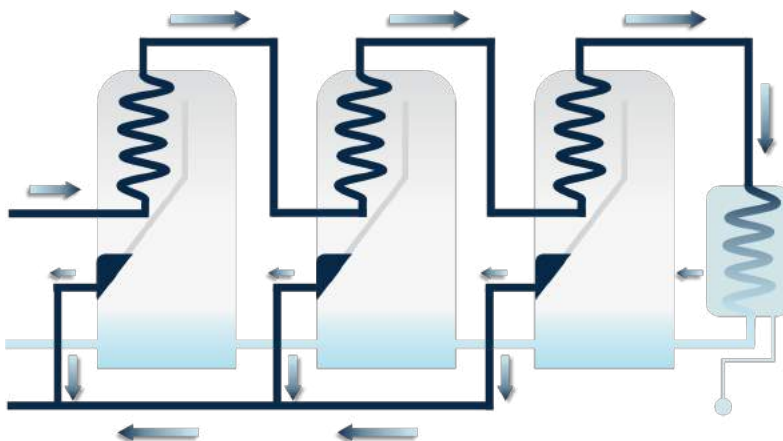
Figura 04: Processo de destilação multiestágios.

Fonte: Adaptado de JUNIOR EUELITON, et al., 2016.

Biorremediação como alternativa no combate ao estresse salino

Biorremediação é o processo no qual organismos vivos (microrganismos, fungos, plantas, entre outros) são utilizados a fim de remediar solos contaminados. Dentro da biorremediação aborda-se o uso da fitorremediação para a diminuição da salinidade. Esse processo consiste no uso de plantas com potencial fitoextrator de sais, as quais podem

ser uma alternativa de recuperação do solo. Plantas com esse potencial são geralmente plantas halófitas, apresentando determinadas características como tolerância a salinidade e elevada produção de biomassa (CARREIRO; LEITE, 2017).

De acordo com Pires et al., (2003), um dos objetivos da fitorremediação é a descontaminação de solo e água, utilizando-se como agente de descontaminação as plantas. Esse processo é uma alternativa aos métodos convencionais de bombeamento e tratamento da água, ou remoção física da camada contaminada de solo, sendo vantajosa principalmente por apresentar potencial para tratamento in situ e ser economicamente viável. Além disso, após extrair o contaminante do solo, a planta armazena-o para tratamento subseqüente, quando necessário, ou mesmo metaboliza-o, podendo, em alguns casos, transformá-lo em produtos menos tóxicos ou mesmo inócuos. Segundo os autores ainda, a fitorremediação pode ser empregada em solos contaminados por substâncias inorgânicas e/ou orgânicas.

A recuperação de solos afetados por sal é considerada um processo lento que exige o desenvolvimento de estratégias de recuperação mais rápidas como uma prioridade (LEAL et al., 2020). Em estudo recente, Feitosa e Vital (2019), observaram o impacto da água residual de curtume no crescimento inicial de Atriplex nummularia L. cultivada em luvissolo como estratégia de fitorremediação. De acordo com os autores, quanto maior a diluição da salmoura, menor a concentração dos sais nos solos, aumentando a altura, o diâmetro, o número de brotações, o número de raízes e o comprimento de raízes de A. nummularia; obtendo resultados significativos na remoção de sais do solo.

Em estudo realizado por Nascimento, (2019), acerca do manejo integrado de uva e erva sal para fins de fitorremediação no semiárido paraibano, observou-se que as análises de solo realizadas em áreas com a presença de erva sal (Atriplex nummularia) na profundidade de até 20 cm mostraram a capacidade da planta em absorver grandes quantidades de sódio (Na) do solo, e de acordo com a autora houve ainda, a diminuição de potássio (K) presente nas coletas tendo uma relação com a função de ativação enzimática nas plantas halófitas como é o caso da erva sal.

Figura 05: Estrutura do parreiral com a implantação do experimento (vista lateral).

Fonte: NASCIMENTO, 2019.

Para Oliveira et al., (2007), São diversas as características a serem observadas no sistema vegetal antes de aplica-lo como um fitorremediador. Dificilmente se pode reunir todas as características desejáveis, porém, o sistema vegetal que for selecionado deve apresentar o maior número delas. É importante avaliar também como será a disposição final da massa vegetal produzida ao longo do projeto. Dependendo da técnica de fitorremediação adotada, devem ser removidas diferentes quantidades de biomassa do sistema para a eficiência do processo (ANDRADE et al., 2007).

Utilização de fitormônios para cultivo em solos sob estresse salino

Os fitormônios, também chamados de hormônios vegetais, são substâncias orgânicas atuantes nos diferentes órgãos das plantas: raiz, caule, folhas, flores e frutos, responsáveis pelo crescimento e desenvolvimento do vegetal (RIBEIRO, 2021). Estas substâncias regulam determinados processos fisiológicos, sendo em geral produzidas em uma certa parte da planta e translocadas para promover a ação em outra parte (Biasi, 2002). Os hormônios ou fitormônios são, portanto, substâncias naturais produzidas pelo próprio vegetal.

As principais moléculas ou grupo de moléculas que têm efeitos conhecidos sobre alguns aspectos do crescimento e desenvolvimento vegetal são as auxinas, giberelinas, citocininas, ácido abscísico, etileno, brassinosteróides, salicilatos, jasmonatos, poliaminas e o polipeptídeo sistemina. Dentre essas moléculas, as auxinas, giberelinas, citocininas, o ácido abscísico e o etileno são reconhecidos como hormônios vegetais (FOSKET, 1994).

Estudos recentes demonstram que entre os atenuadores dos processos de estresse

nos vegetais tem-se o ácido salicílico (SA) que é caracterizado como um hormônio vegetal responsável por desempenhar um papel essencial na ativação e na regulação de múltiplas respostas a estresses bióticos e abióticos (LÓPEZ et al., 2019).

A aplicação de ácido salicílico tem reduzido os efeitos adversos do estresse hídrico e salino e melhorado o crescimento, massa fresca total e concentração de clorofila nas plantas sendo considerado como uma técnica promissora para aprimorar o desenvolvimento de culturas em regiões de seca e culturas irrigadas com águas salinas (SAFARI et al., 2021; SCHMIT et al., 2021).

Estudos como o Nobrega et al., (2021), sobre a atuação do ácido salicílico em estresses abióticos destacam a eficácia da embebição de sementes de Cereus jamacaru DC com o ácido salicílico como atenuador dos efeitos do estresse abiótico na germinação e no crescimento inicial de plâtulas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista a complexidade dos fatores que a salinidade do solo engloba, é necessário não só a aplicação de uma metodologia para evitar o estresse salino nas culturas, mas a adoção conjunta de técnicas que, agregadas, apresentem um maior impacto na redução dos efeitos deletérios ocasionados às culturas de interesse agrícola.

Em especial, na região semiárida pelas suas características intrínsecas como o clima, o regime de chuvas na região e manejo da água de irrigação utilizado, faz-se necessário a aplicação de técnicas que visem sempre um uso mais consciente da área de cultivo uma vez que a medida mais eficaz para controlar os efeitos adversos da salinidade é evitar o seu desenvolvimento na área de produção utilizando de práticas adequadas de cultivo.

REFERÊNCIAS

ALVES, I. M. **Environmental Sustainability of desalination systems for brackish deployed in the city of Boa Vista in the semiarid region of Paraíba.** Campina Grande, UEPB, 2013, n°61 p. (Monograph for Undergraduate Sanitary and Environmental Engineering).

ADERALDO, F. I. C; BRAGA, J. D. F.; FERREIRA, G. S.; COSTA, F. R. S.; BRITO, P. O. B.; GONDIM, F. A. **Efeitos combinados da seca e da salinidade no crescimento de plantas de mulungu (*Erythrina Velutina Wild*).** Braz. J. Anim. Environ. Res., Curitiba, v. 3, n. 3, p. 2732-2740, 2020. 10.34188/bjaerv3n3-181

ANDRADE, J. C. M.; TAVARES, S. R.; MAHLER, C. F. **Fitorremediação: O uso de plantas na melhoria da qualidade ambiental.** São Paulo: Oficina de Textos. 176 p. 2007.

BIASI, L. A. **Reguladores de crescimento vegetal.** In: Wachowicz, C.M.; Carvalho, RI.N. (eds.). Fisiologia Vegetal: Produção e Pós-colheita. Curitiba: Editora Champagnat, p.63-94. 2002.

BEZERRA, L. T.; ANDRADE, J. R.; MAIA JÚNIOR, S. O.; SILVA, V. M.; FERREIRA, V. M. **Trocas gasosas de clones de Eucalipto cultivados em solo com diferentes níveis de salinidade.** Engenharia florestal: desafios, limites e potencialidades, c. 66, p. 858-867, 2020. doi.10.37885/200801149

BEZERRA, V. R.; LIMA, A. C. P.; MONTERO, L. R. R.; MEDEIROS, K. M. **Aplicação de tecnologias para o uso de água salobra e salina no semiárido paraibano.** Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, v. 7, 2019.

CARREIRO, D. A.; LEITE, J. C. A. **Fitorremediação de solos salinizados no semiárido brasileiro: Uma revisão de literatura.** II CONIDIS**.** 2017.

CELLI, R. **Modelos de dessalinização e sua eficiência: comparativo entre tecnologias.** Revista eletrônica dos Cursos de Engenharia, Curitiba, v. 1, n. 1, jan./abr. 2017.

CASTRO, C. N. **Sobre a agricultura irrigada no semiárido: Uma análise histórica e atual de diferentes opções de política.** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), n. 2369. Texto para Discussão, 2018.

CASTRO, F. C.; SANTOS, A. M. **Salinidade Do Solo E Risco De Desertificação Na Região Semiárida.** Mercator (Fortaleza), Fortaleza, v. 19, e19002, 2020. https://doi.org/10.4215/rm2020.e19002.

DEMONTIÊZO, F. L. L., ARAGÃO, M. F., VALNIR JUNIOR, M., MOREIRA, F. J. C., PAIVA, P. V. V.; LIMA, S. C. R. V. (2016). **Emergência e crescimento inicial de tomate "Santa clara" em função da salinidade e condições de preparo das sementes**. Irriga, Botucatu, Edição Especial, Irriga & Inovagri, 81-92.

DIAS, E. M. S.; PESSOA, Z. S.; **Percepções sobre os riscos das mudanças climáticas no contexto da região semiárida do Rio Grande do Norte, Brasil**. Desenvolvimento e Meio Ambiente. v. 55, p. 619-643, 2020.

ELIZALDO JÚNIOR, J**. A importância das técnicas e uso da dessalinização da água.** Orientador: Cavalcante, J. M. F. 2020. 08 f. TCC (Graduação) – Curso de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semiárido, Rio Grande do Norte, 2020. Disponível em: < https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/5948 > Acesso em: 29 de jun. de 2021.

FEITOSA, J. F. F., VITAL, A. F. M. **Impacto da água residual de curtume no crescimento inicial de Atriplex nummularia Lindl. cultivada em luvissolo**. Acta Biológica Catarinense. v.6, n.4, p. 61-72, 2019.

FOSKET, D. E. **Plant growth and developrnent: a rnolecular approach.** San Diego: Academic Press, 580p. 1994.

LÓPEZ, I. M.; BALTAZAR, N. Y. A.; BUCHALA, A. B.; SERRANO, M. **Intra and Extracellular Journey of the Phytohormone Salicylic Acid**. Frontiers Plant Science. 2019. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00423

LEAL, L. S. G.; PESSOA, L. G. M.; OLIVEIRA, J. P.; SANTOS, N. A.; SILVA, L. F. S.; JÚNIOR, G. B.; FREIRE, M. B. G. S.; SOUZA, E. S. **Fazem aplicações de misturas de condicionadores de solo melhorar a capacidade de extração de sal de *Atriplex nummularia* no estágio inicial de crescimento.** International Journal of Phytoremediation, 22: 5, 482-489, 2020. DOI: 10.1080 / 15226514.2019.1678109

LIMA, B. R.; OLIVEIRA, E. P.; DONATO JÚNIOR, E. P.; BEBÉ, F. V. **Uso e qualidade de água subterrânea utilizada por agricultores familiares no Território Sertão Produtivo, Estado da Bahia, Nordeste do Brasil.** Rev. Bras. Gest. Amb. Sustent. [online]. 2020, vol. 7, n. 16, p. 679-689. ISSN 2359-1412.

MARTINS, J. C.; GONÇALVES, M. C. **A salinidade dos solos: extensão, prevenção e recuperação.** Vida Rural, Dossier Técnico. p. 38-39, 2017.

MARINO, G.; ZACCARIA, D.; LAGOS L. O.; SOUTO, C.; KENT, E. R.; GRANTTAN, S. R.; SHAPIRO, K.; SANDEN, B. L.; SNYDER, R. L. **Efeitos da salinidade e sodicidade na dinâmica sazonal da evapotranspiração real e componentes do balanço de energia de superfície em pomares maduros de pistache microirrigados**. Irrig. Sci**.** v. 39, p. 23-43, 2021.

MARCONDES, J.; GARCIA, A. B. **Aspectos citomorfológicos do estresse salino em plântulas de arroz.** Arq. Inst. Biol., São Paulo, v.76, n.2, p.187-194, 2009.

NÓBREJA, J. S.; NASCIMENTO, R. G. S.; SILVA, R. T.; FIGUEIREDO, F. R. A.; BEZERRA, A. C.; LOPES, M. F. Q.; ALVES, E. U.; BRUNO R. A. L. **Ácido salicílico atenua o efeito do estresse hídrico na germinação e crescimento inicial de plântulas de *Cereus jamacaru* DC.** Scientia Plena, v. 17, n. 4, 2021. doi: 10.14808/sci.plena.2021.040204

NASCIMENTO, M. E. B. **Manejo integrado de uva e erva sal (*Atriplex numulária*) para fins de fitorremediação do Semiárido paraibano**. 2019.51f. (Trabalho de Conclusão de Curso – Monografia), Curso de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Universidade Federal de Campina Grande, Sumé – Paraíba – Brasil, 2019.

OLIVEIRA, D. M.; CARA, D. V C.; XAVIER, P. G.; PAULA, M. S. de.; SOBRAL, L. G. S.; LIMA, R. B.; LOUREIRO, A. **Fitorremediação: O estado da arte**. Rio de Janeiro. 49p. (Tecnologia Ambiental, n. 39). 2007.

PINHEIRO; FERREIRA; SILVA; A. MEDEIROS; C. MEDEIROS; PEIXE; MOREIRA. **Avaliação da sustentabilidade do processo de dessalinização de água no semiárido potiguar: Estudo da comunidade Caatinga Grande**. Soc. Nat. Uberlândia, MG, v.30, n.1, p.132-157, 2018.

PIRES, F.R.; SOUZA, C. M.; SILVA, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; FERREIRA, L. R. **Fitorremediação de solos contaminados com herbicidas**. Planta Daninha [online]. v. 21, n. 2 pp. 335-341, 2003.

RIBEIRO, K. D. K. F. **"Hormônios Vegetais"**; *Brasil Escola*. Disponível em: < https://brasilescola.uol.com.br/biologia/hormonios-vegetais.htm. > Acesso em: 30 de jun. de 2021.

RADY, M. O. A.; SEMIDA, W. M.; ABD EL-MAGEED, T. A.; HERMIDA, K. A.; RADY, M. M. **Up-regulation of antioxidative defense systems by glycine betaine foliar application in onion plants confer tolerance to salinity stress**. Scientia Horticulturae, v. 240, p. 614-622, 2018.

SCHMIT, R.; FERRAREZE, J. P.; SGANZERLA, W. G.; ROSA, G. B.; XAVIER, L. O.; VEECK, A. P. L.; FERREIRA, P. L.; PRIMIERI, S. **Salicylic acid application in the initial development of beans (*Phaseolous vulgaris* L.) under water stress conditions: Agronomical and antioxidante parameters**. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. v. 31, 2021.

SAFARI, M.; FARD, S. M.; NEJAD, A. R.; SORKHEH, K.; SOFO, A. **Exogenous salicylic acid positively affects morpho-physiological and molecular responses of *Impatiens walleriana* plants grown under drought stress.** International Journal of Environmental Science and Technology. 2021.

SOUSA, A. B. O.; BEZERRA, M. A.; FARIAS, F. C. **Germinação e desenvolvimento inicial de clones de cajueiro comum sob irrigação com água salina.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 15, n. 4, p. 390-394, 2011. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/6 2469/1/AB112005.pdf. Acesso em: 31 ago. 2017.

TANG, X.; MU, X.; SHAO, H.; WANG, H.; BRESTIC, M. **Global plantresponding mechanisms to salt stress: physiological and molecular levels and implications in biotechnology.** Critical Reviews in Biotechnology, v. 35, n. 4, p. 425-437, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed. 6. ed. 2017.

WATHIER, G. **7 problemas do excesso na fertilização de cultivos**. Elysios, 2019. Disponível em: < https://elysios.com.br/blog/7-problemas-do-excesso-na-fertilizacao-de-cultivos/ > Acesso em: 29 de jun. de 2021.

YILDIRIM, E.; TAYLOR A.G.; SPITTLER, D. T. D. Ameliorative effects of biological treatments on growth of squash plants under salt stress. **Science Horticulture**, v.111, p.1-6, 2006.

SOBRE OS ORGANIZADORES

RAISSA RACHEL SALUSTRIANO DA SILVA-MATOS - Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade de Pernambuco - UPE (2009), Mestre em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal do Piauí - UFPI (2012), com bolsa do CNPq. Doutora em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB (2016), com bolsa da CAPES. Atualmente é professora adjunta do curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em fitotecnia, fisiologia das plantas cultivadas, propagação vegetal, manejo de culturas, nutrição mineral de plantas, adubação, atuando principalmente com fruticultura e floricultura.

DEUCLEITON JARDIM AMORIM - Graduado em Engenharia Agronômica pela Universidade Federal do Maranhão – UFMA (2020), Mestre em Proteção de Plantas (Nematologia Agrícola) pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – Unesp (2022). Doutorando em Proteção de Plantas pela mesma universidade. Tem experiência na área de agronomia, com ênfase no manejo das principais espécies de nematoides fitoparasitos, seleção de agentes de controle biológico, especialmente, bactérias. http://lattes.cnpq.br/3121121800829042.

LUIZ ALBERTO MELO DE SOUSA: Graduando em Agronomia pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Técnico em Agropecuária pela Casa Familiar Rural de Alto Alegre do Pindaré do Maranhão (CFR-AAP). Atualmente sou Diretor administrativo e de finanças da Startup "FrutimaTec: Conhecimento e Segurança para o fruticultor". Membro do Grupo Pesquisa em Fruticultura do Maranhão (Frutima) e do Grupo de Estudo e Pesquisa em Bioinsumos no Maranhão (BIOIMA). Desenvolvo pesquisas na área de Agronomia com ênfase em fitotecnia, propagação vegetal, produção e manejo de espécies vegetais, horticultura, fruticultura, proteção de plantas e promoção de crescimento vegetal com a utilização de bioinsumos. http://lattes.cnpq.br/4039999947043150.

ÍNDICE REMISSIVO

A

B

C

D

E

F

G

I

M

N

P

R

S

T

V

Agricultural Sciences:
Knowledge and Diffusion of Technology
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br
Atena Editora
Ano 2022

Agricultural Sciences:
Knowledge and Diffusion of Technology
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br
Atena Editora
Ano 2022